RESUMEN

El presente proyecto consiste en la creación de una maqueta de una puerta de garaje, un automatismo básico de control para la misma y un conjunto de prácticas de laboratorio basadas en ella. El objetivo principal de la maqueta, formada por un esqueleto de madera, es ser utilizada en los autómatas disponibles en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (E.T.S.E.I.B.). Además, se incluye un programa sencillo realizado con PL7 Pro para poder hacer pruebas con los autómatas de Schneider, un manual enfocado a usuarios inexpertos, un conjunto de prácticas posibles para ser aplicadas en la docencia, planos del modelo y un análisis medioambiental y económico de todo el proyecto.

Para poder llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos se han utilizado las instalaciones del Departamento de Ingeniería Eléctrica cuando ha sido necesario. Esto es, principalmente, cuando se ha requerido material y herramientas para la construcción de la maqueta o ha sido necesaria la realización de pruebas con los autómatas del laboratorio del Aula Schneider.

Tras el proceso de construcción y redacción del proyecto se puede concluir que se han alcanzado satisfactoriamente los objetivos establecidos inicialmente, se han adquirido nuevos conocimientos y reforzado otros antiguos.

ÍNDICE

1. PREFACIO 5

1.1. Origen del proyecto 5

1.2. Motivación 5

1.3. Requisitos previos 5

2. INTRODUCCIÓN 7

2.1. Objetivos y alcance del proyecto 7

3. DEFINICIÓN DEL PROYECTO 9

3.1. Características de la instalación 9

3.2. Elementos de control 10

3.2.1. Controlador 11

3.3. Elementos de configuración y programación 11

3.3.1. PL7 Pro 4.4 11

3.3.2. XBT-L1000 12

4. DISEÑO 13

4.1. Fundamentos 13

4.2. Diseño de la maqueta 13

4.2.1. Elección de componentes 14

4.2.2. Construcción 21

4.3. Diseño del automatismo 23

4.3.1. Configuración del software 23

4.3.2. Programa principal 26

4.4. Diseño de las prácticas 31

4.4.1. Contenido de las prácticas 31

4.4.2. Soluciones de las prácticas 34

CONCLUSIONES 35

BIBLIOGRAFIA 37

Referencias bibliográficas 37

Bibliografía complementaria 37

ANEXOS 39

A. ENUNCIADOS DE LAS PRÁCTICAS 39

A.1. Práctica 1: puerta de garaje con gráfico de explotación 39

A.2.Práctica 2: puerta de establecimiento comercial en DC 44

A.3.Práctica 3: puerta de establecimiento comercial en grafcet 46

A.4.Práctica 4: puerta de establecimiento comercial con gráfico de explotación *49*

A.5.Práctica 5: puerta de aparcamiento público con gráfico de explotación *52*

A.6.Práctica 6: puerta de aparcamiento con terminal de diálogo *62*

B. SOLUCIONES DE LAS PRÁCTICAS **67**

B.1.Práctica 1 ..... *67*

B.1.1. Solución sin la mejora 67

B.1.2. Solución con la mejora 68

B.2.Práctica 2 ..... *69*

B.3.Práctica 3 ..... *70*

B.4.Práctica 4 ..... *71*

B.5.Práctica 5 ..... *72*

B.6.Práctica 6 ..... *76*

C. PLANOS **77**

D. MANUAL DE USUARIO **85**

D.1. Indicaciones de seguridad *85*

D.2. Condiciones previas *88*

D.3. Instalación y uso *89*

D.4. Mantenimiento *90*

D.5. Posibles fallos y soluciones *91*

E. IMPACTO AMBIENTAL **93**

F. PRESUPUESTO **97**

G. ESQUEMAS ELÉCTRICOS **101**

1. PREFACIO

1.1. Origen del proyecto

Actualmente en el laboratorio de Ingeniería Eléctrica de la E.T.S.E.I.B. se imparten distintas asignaturas en la cuales se trabaja con autómatas Schneider y se programan diferentes automatismos. Entre ellos, se encuentra un automatismo para controlar la puerta de un garaje y forma parte de unas prácticas didácticas que los alumnos se encargan de llevar a cabo. Para poder experimentar con el programa de forma realista, una vez creado en el ordenador e instalado en el autómata, se utiliza un modelo de una verdadera puerta de garaje en miniatura. Hasta el día de hoy se han ido construyendo diferentes maquetas de este tipo pero ninguna ha logrado, por diferentes motivos, perdurar en el tiempo. La base de este proyecto es solucionar este problema ofreciendo una nueva maqueta que garantice su usabilidad durante el tiempo que sea necesario y que ofrezca nuevas funciones añadidas para poder ejecutar diferentes aplicaciones en el laboratorio.

1.2. Motivación

La principal motivación de este proyecto es la innovación en el tipo de maqueta respecto a lo que se había hecho hasta ahora. Se ha analizado la propuesta antigua y se ha partido de ahí para realizar los cambios y las posibles mejoras. Con la maqueta antigua se hacían sólo un par de prácticas de nivel básico. En este proyecto se aporta nuevo material práctico, con distintos niveles de complejidad, para que los estudiantes puedan aplicarlo en la maqueta.

1.3. Requisitos previos

Dado que se tiene que construir una maqueta es necesario disponer de las herramientas y materiales oportunos para poder construirla. Por otro lado, es básico conocer la programación de automatismos para poder realizar las aplicaciones que se pueden emplear en la maqueta. En este caso, existe la posibilidad de programar en GRAFCET, diagrama de contactos o lenguaje de texto estructurado.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Objetivos y alcance del proyecto

El proyecto se puede dividir en tres objetivos primordiales dependientes entre sí: resultado, coste y plazo. Estos, asimismo, definen el alcance del conjunto.

El **resultado** final del proyecto es la construcción de la maqueta, la elaboración del programa de control de la puerta y las prácticas que simulen su aplicación real a modo de problemas para que puedan ser resueltos por los alumnos del centro. Para conseguir este resultado hay que:

- Analizar el software que se va a utilizar, sus posibilidades y empezar a crear un plan para ejecutar el proyecto. Leer los manuales precisos y realizar las pruebas pertinentes.
- Establecer los elementos básicos del automatismo que controla la puerta. Conociendo previamente los mecanismos que forman la puerta de garaje. Utilizar planos, estudiar el estado del arte, practicar con el software, etc. Crear un automatismo básico para controlar y realizar pruebas con la maqueta.
- Elegir materiales y herramientas para construir la puerta de acuerdo con las especificaciones creadas antes. Estudiar las posibilidades y elegir la más conveniente.
- Comprar o reciclar componentes dependiendo de su disponibilidad en el laboratorio y proceder a la construcción del modelo.
- Crear las prácticas enfocadas al alumnado basándose en las ya existentes [1] de las asignaturas del centro.
- Análisis de pruebas, realización de correcciones y redacción de manual de uso.

Por otro lado, se halla el **coste** que, dejando a un lado la naturaleza académica del proyecto, se detalla mediante un presupuesto, adjunto en esta memoria, de acuerdo con las horas realizadas, el material utilizado, licencias, etc.

Finalmente, el tercer objetivo es el **plazo** dentro de las fechas establecidas. Se cumplirá siempre asegurando la calidad del conjunto. Estableciendo un estudio inicial el proyecto debería cumplir el plazo y, si es necesario, éste se verá modificado sobre la marcha.

3. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

3.1. Características de la instalación

Para realizar el proyecto se dispone del material y herramientas adecuados, cumpliendo con las normativas, así como de unas instalaciones habilitadas para tal fin. Se deben cumplir con las directivas sobre bajo voltaje EN50178, referente al uso de equipamiento electrónico en instalaciones de potencia.

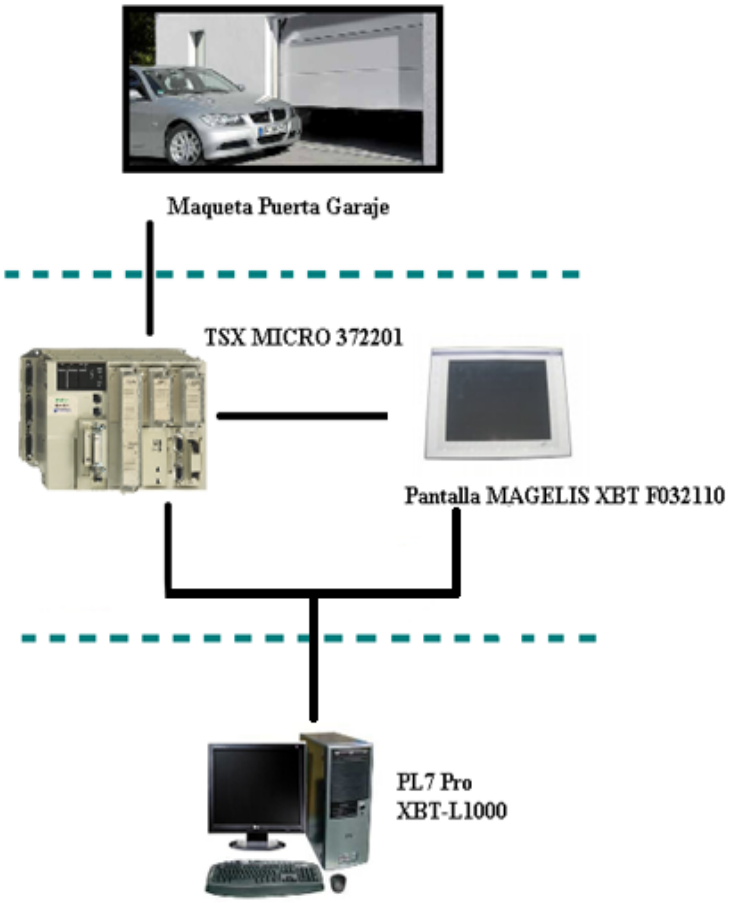


Figura 3.1. Esquema general de la instalación [Elaboración propia a partir de varias fuentes[1]]

Los elementos que forman el proyecto pueden dividirse en tres grupos principales según su función. Como se puede ver en la *Figura 3.1*, por un lado tenemos los elementos que constituyen la maqueta, por otro los elementos de control y, finalmente, los elementos de

[1] AUTOMATISMOS ESMA, *Fotografia Maqueta Puerta Garaje. [http://www.puertas-esma.es].*
EASYPROG, *Fotografia TSX MICRO 372201. [http://shop.easyprog.fr/10-automate-programable-tsx-micro-3722-01.html].*
SOFTwerk Professional Trading Ltd., *Fotografia Pantalla MAGELIS XBT F032110. [http://shop.softwerk.at].*
Blog PVM , *Fotografia PL7 Pro y XBT - L1000.[http://seriadin.blogspot.es/tags/ordenador].*

diseño. En este apartado se describe la función de cada componente dentro de la instalación, mientras que en el siguiente módulo *DISEÑO* se presentan los cálculos y las razones que han llevado a la elección de los mismos. En general la instalación tiene los siguientes componentes:

- Elementos de control
  Controlador: dispositivo que permite el control de la maqueta mediante las entradas y las salidas electrónicas que posee.
  Pantalla Magelis: dispositivo de visualización y control táctil mediante elementos gráficos del automatismo creado.

- Elementos de diseño
  PL7 Pro 4.4: software de Schneider utilizado para programar el automatismo.
  XBT-L1000: software de Schneider utilizado para programar la pantalla Magelis.
  PC: necesario para el diseño, a partir de él se diseñan el programa y los gráficos. Desde él se accede al software PL7 Pro 4.4 y XBT-L1000.

- Elementos de la maqueta
  Son aquellos elementos, tanto eléctricos y electrónicos como estructurales, que componen la maqueta. En el apartado de diseño se describen en detalle.

Como se puede ver en la figura anterior, la pantalla y el controlador se conectan a la maqueta, y, al mismo tiempo, al PC. Mediante el código programado en el PC con el software disponible se controla la maqueta, es decir, primeramente se diseña el automatismo con el software, después se descarga en el controlador y en la pantalla para que, finalmente, esté listo para usar accediendo a su control desde estos dos periféricos.

3.2. Elementos de control

Son aquellos que proporcionan al usuario control sobre la totalidad del sistema y le permite efectuar los cambios necesarios para lograr un funcionamiento correcto.

3.2.1. Controlador

El controlador utilizado para el proyecto es el TSX MICRO 372201 de Schneider. Incluye un módulo de 16 entradas y 8 salidas digitales y conexión a pantalla Magelis y PC mediante protocolo UNI-TELWAY.

Para el control de la maqueta que se establece desde el controlador se han escogido las siguientes entradas y salidas digitales de los correspondientes módulos alimentadas a 24 V, tal y como se observa en la *Figura H.1* (página 101).Conforme se vayan explicando las funciones de los distintos componentes dentro del automatismo se irá entrando en los detalles de este mapa de conexiones, expuesto en la *figura citada.*

3.2.2. Pantalla

La pantalla utilizada en el laboratorio para complementar visualmente los automatismos diseñados es la XBT F032110. Es una pequeña pantalla táctil a color de 5,7 pulgadas. Su función principal en el proyecto es dar soporte al usuario del automatismo (por ejemplo, alumno de prácticas de la asignatura) cómo terminal de supervisión. En el caso de éste proyecto es idóneo, ya que no se manejan ni se adquieren grandes cantidades de datos, a diferencia de un proceso industrial que puede llegar a necesitar un sistema mucho más robusto cómo un SCADA.

Una de las ventajas importantes de este tipo de pantallas es que son táctiles y, por lo tanto, permiten introducir datos o cambiar estados de variables, aportando versatilidad a la hora de diseñar las prácticas para el alumnado, como se verá en capítulos posteriores.

3.3. Elementos de configuración y programación

Son los elementos utilizados para programar el automatismo, así como las pantallas y gráficos de explotación vinculados.

3.3.1. PL7 Pro 4.4

Software de Schneider destinado a la programación de autómatas. La aplicación ofrece diferentes tipos de programación; entre otros, diagrama de contactos y GRAFCET. De cara a las prácticas pedagógicas, se ha decidido utilizar estos dos tipos con la finalidad de aportar una gama más amplia de conocimiento y técnica al alumno. Por otro lado, en la realización

del diseño del automatismo básico y las pruebas se ha preferido utilizar diagrama de contactos, ya que es el lenguaje del que se tiene mayor conocimiento personal preliminar.

Además, PL7 Pro incorpora la opción de crear pantallas de explotación, complemento alternativo a la pantalla Magelis. Con esta opción es posible desarrollar en el PC una pantalla con objetos gráficos animados que simulen el proceso del automatismo y, posteriormente, visualizarla en el mismo ordenador en lugar de en un terminal externo. Esta opción brinda otra posibilidad de diseño de pantallas de supervisión para utilizar en las prácticas con menos opciones disponibles que la pantalla Magelis desapareciendo, por ejemplo, el componente táctil.

Para comenzar hay que configurar el proyecto con los módulos locales del controlador. Luego mediante diagrama de contactos se va formando el programa, utilizando las direcciones de las entradas y salidas de los dispositivos. Una vez el programa está finalizado, se descarga al controlador y ya está listo para su uso.

3.3.2. XBT-L1000

Software de Schneider destinado para la programación de pantallas, en este caso la XBT F032110. En el entorno de trabajo se distribuyen los elementos gráficos, tal y como se verán en la pantalla, y se asocian a cada elemento las variables del programa creado correspondientes. Posteriormente se añaden efectos dinámicos sobre las imágenes para facilitar la visualización de los estados de las variables asociadas. También, si es necesario, se incorporan los elementos con los que se interactúa táctilmente. Hecho esto, ya se puede descargar el programa al dispositivo. Este software se utiliza, en este proyecto, en la elaboración de las prácticas pedagógicas como alternativa a la opción de PL7 Pro de creación de gráficos de explotación.

4. DISEÑO

4.1. Fundamentos

Debido que son etapas independientes entre sí, es posible diseñar el automatismo y la parte física de la puerta de forma simultánea. Aún así, hay que tener claros, a priori, los objetivos que se quieren alcanzar, ya que los dos diseños, maqueta y programa, estarán intrínsecamente relacionados. Por tanto, hay que definir las funciones de la maqueta y, así, a raíz de éstas, poder crear el programa y construir el prototipo.

Principalmente, la maqueta debe tener las siguientes funciones:

a) Puerta móvil accionada por motor que, según la conexión, gire en un sentido o en el contrario para abrirla o cerrarla.
b) Accionamiento electrónico de la puerta.
c) Detección de objetos que intercepten la puerta cuando ésta desciende para detenerla si se da el caso.
d) Señal luminosa que indique que la puerta está abierta o en movimiento.
e) Señal luminosa que indique que el número de plazas de coches han sido ocupadas totalmente.
f) Luz para iluminar la estancia cuando la puerta está abierta o cuando se desee.
g) Indicadores de plazas ocupadas.

La simulación de una puerta de garaje real ha establecido estas funciones como funciones básicas y fundamentales para acercarse de manera más fiable al escenario. A partir de este momento, teniendo en mente estos puntos, ya se pueden comenzar a diseñar maqueta y automatismo simultáneamente.

4.2. Diseño de la maqueta

A continuación, se vincula cada función elemental planteada en los fundamentos con los componentes que la realizan, se explica el porqué se ha escogido cada elemento y se define su emplazamiento dentro del conjunto.

4.2.1. Elección de componentes

a) Puerta móvil accionada por motor que, según la conexión, gire en un sentido o en el contrario para abrirla o cerrarla

Antes de escoger el motor y reductor para accionar el movimiento de la puerta había que conocer cómo sería este movimiento. En la vida real existen diferentes tipos de puertas de garaje que se pueden clasificar según el movimiento que realizan. Las hay basculantes, retráctiles, seccionales, que se abren lateralmente, como una guillotina o recogiéndose como una persiana. Ante tal abanico de opciones había que escoger el más adecuado para el objetivo señalado y, al final se ha optado por la puerta con apertura en guillotina.

Con el movimiento de guillotina se ahorra en mecanizado, ya que la puerta es una sola pieza sin ningún tipo de articulación, y simplifica el sistema de recogida de puerta utilizando únicamente un carrete con hilo. Además es el sistema más fácilmente escalable. Debe tenerse en cuenta que en otros sistemas analizados algunas piezas no podían ser del tamaño que les correspondería proporcionalmente. Cómo el objetivo no es acercar el modelo a la realidad, sino que el propósito es más práctico, el movimiento en guillotina es adecuado.

Este sistema está formado por un motor que mediante su eje de salida acciona un carrete solidario que recoge hilo. Este hilo está unido a un extremo de la pieza rectangular que forma la puerta de manera que al recogerse hace ascender o descender la puerta, según el sentido de giro del eje de salida del motor. Al moverse, la puerta se desliza por unas guías laterales. Para evitar que todo el peso de la puerta recaiga sobre el hilo y el carrete, pudiendo fatigar el motor, se utiliza una polea que distribuya el hilo con un ángulo de 90º como se puede observar en la *Figura 4.1*.

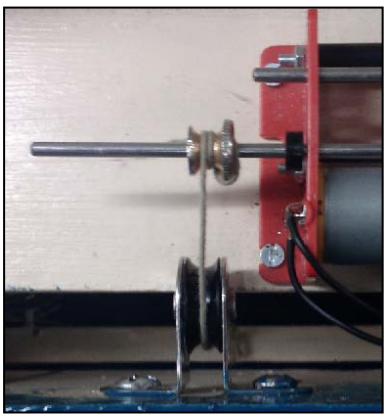


Figura 4.1. Sistema polea-eje motor

Se ha optado por un motor con reductor variable. Éste permite, añadiendo o quitando engranajes, la variación de la velocidad del mismo. Los engranajes están dispuestos de manera que sean fácilmente manipulables, fijados unos a presión (de color rojo) y otros girando libremente (de color blanco) para transmitir el movimiento. De esta forma se puede ajustar la velocidad del motor, de acuerdo a cuanto queremos que tarde en subir y bajar la puerta. El motor [2] es alimentado entre 1,5 y 4,5 V de corriente continua obteniendo una velocidad en su eje entre 4000 y 14000 rev/min. El cociente de reducción escogido es de 625:1 (*Figura 4.2.*) para un voltaje en bornes del motor de 1,7 V aproximadamente.

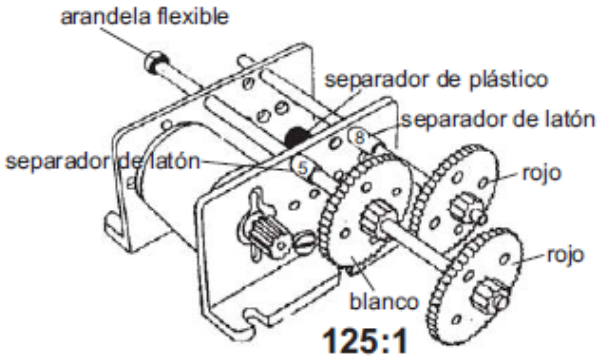


Figura 4.2. Reducción escogida para el motor C-8051 [CEBEK]

Para producir que el giro del motor cambie se utilizan dos relés (KA1 y KA2) cuyas bobinas están conectadas a dos de las salidas del autómata, como se muestra en rojo en el esquema de la *Figura H.2.* (página 102). Adicionalmente, se realiza la configuración de las conexiones entre transformador y motor de la *Figura 4.4.*

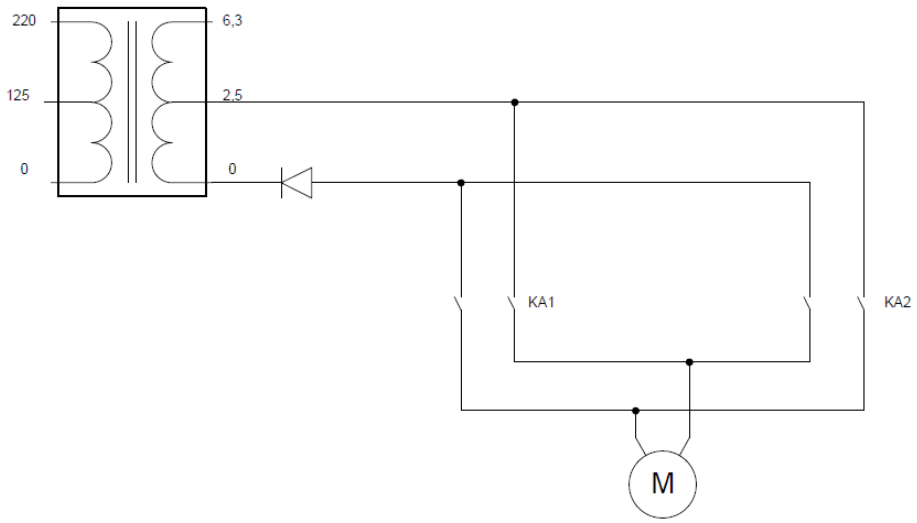


Figura 4.4. Esquema eléctrico de la conexión entre motor y transformador

Cómo se puede ver en el esquema cuando una bobina está activada el motor se alimenta en un sentido y si se activa la otra se alimenta en el sentido contrario. Para rectificar los 2,5 V de entrada se utiliza un diodo 1N4007.

b) Accionamiento electrónico de la puerta

Para realizar el accionamiento de la puerta de garaje se ha considerado realizar una activación a distancia, a diferencia de las anteriores puertas construidas en la Escuela. Esto introduce una serie de mejoras respecto al accionamiento manual como pueden ser la rapidez de operación y la comodidad al no tener que desplazarse para realizar la operación. La tecnología usada para realizar esta función es la radiofrecuencia mediante mando a distancia. Se ha escogido ésta opción frente a otras alternativas existentes cómo pueden ser la lectura i grabación de tarjetas magnéticas, con chip y RFID. Principalmente, el descarte de éstas es debido al gran tamaño (no es escalable) y los costes del grabador y del lector de tarjetas, que superan el centenar de euros, comparándolo con la tecnología de radiofrecuencia por control remoto que es mucho más barata como se puede ver en el *Presupuesto.* Esta solución consta de los siguientes dispositivos: el emisor TL-5 [3], el receptor TL-1 [4] y la fuente de alimentación FE2 [5].

El emisor TL-5 es el dispositivo a través del cual el usuario envía a distancia una señal de radiofrecuencia (433,92 MHz) al receptor, permitiendo el control de la conexión o desconexión de una salida. Éste es alimentado por una pila de 12 V y alcanza un radio de hasta 30 m, dependiendo de la existencia de objetos sólidos interpuestos en la trayectoria. El dispositivo permite configurar un código de seguridad mediante ocho micro-interruptores (*Figura 4.5.*) de tres posiciones para ser reconocido por uno o varios receptores TL-1.

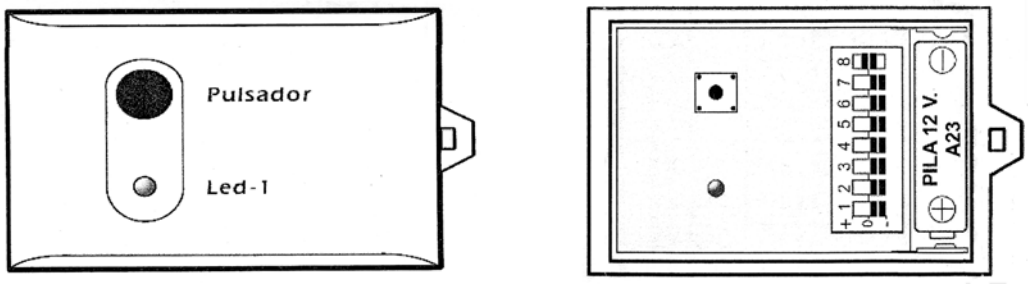


Figura 4.5. Emisor TL-5: izquierda, tapa frontal. Derecha, telemando sin tapa. [CEBEK]

Por otro lado, el receptor TL-1 es el dispositivo que decodifica e interpreta la señal que le ha enviado el emisor. También incorpora una batería de micro-interruptores que tendrá que configurarse con el mismo código que el emisor para establecer la conexión. El receptor se situará dentro de la maqueta y mientras en el exterior se presione el pulsador del emisor, la salida del receptor se mantendrá conectada y se desconectará cuando se deje de pulsar el emisor. Funciona a la frecuencia homologada, 433,92 MHz, al igual que el emisor. Para una máxima y clara recepción de la señal se requiere una antena (cualquier varilla metálica con una longitud de 130 mm).

Dado que la tensión de alimentación que proporciona el controlador es de 24 V y el receptor necesita 12 V, se incorpora una fuente de alimentación (*Figura 4.6.*) que junto con un transformador conectado a la red de 230 V resuelve este problema.

Figura 4.6. De izquierda a derecha: receptor TL-1 y fuente de alimentación FE2 [CEBEK]

En la *Figura 4.7.* se puede observar el conexionado general de los diferentes módulos.

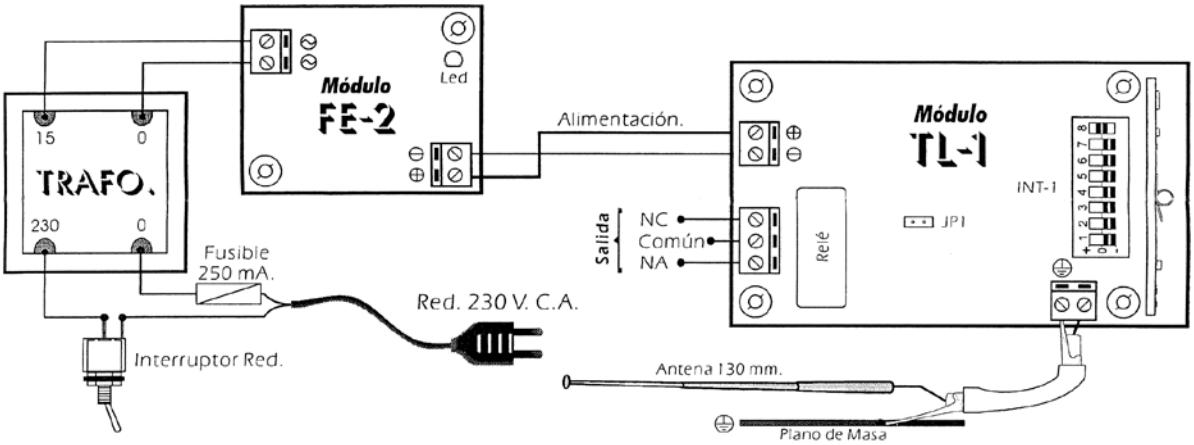


Figura 4.7. Conexionado del módulo TL-1 a la red [CEBEK]

Así pues, la maqueta consta de dos alimentaciones. Una de 24 V que alimenta las entradas y salidas del autómata, y otra de 230 V de la red a la cual se conectan dos transformadores. El primero para alimentar el motor y el otro para alimentar la fuente de alimentación del receptor TL-1.

Por otro lado, dos microrruptores CT860 (*Figura 4.8.*) son utilizados para señalar los finales de carrera superior (FCS) e inferior (FCI) del recorrido de la puerta. Al topar ligeramente con la madera de la puerta, su palanca de 28 mm es desplazada apretando un botón que señala la activación del final de carrera correspondiente.

Figura 4.8. Microrruptor CT860 [Ariston]

c) Detección de objetos que intercepten la puerta cuando ésta desciende

Para detectar objetos que puedan obstruir el descenso de la puerta se ha optado por un sensor fotoeléctrico réflex polarizado disponible en el laboratorio y que cumple perfectamente con la función deseada. De este modo se reducen gastos al no tener que comprar un dispositivo similar y se aprovecha uno que aguardaba en el laboratorio sin ser utilizado.

El sensor fotoeléctrico utilizado es el XUM H023539 [6] de Télémécanique, réflex polarizado PNP dispuesto para trabajar a 12 o 24V. Este sensor se conecta a una de las entradas del controlador que al activarse mediante la lógica programada detendrá la puerta modificando las salidas necesarias. La entrada se activará cuando el sensor detecte la presencia de algún objeto situado bajo de la puerta cuando ésta esté descendiendo.

El sensor está formado por un emisor, un receptor y un reflector. Emisor y receptor se encuentran dentro de una misma armadura. Cuando el emisor, situado en el extremo izquierdo interior de la puerta, emite el haz de luz polarizada, el reflector, situado en el otro extremo, gira el plano de polarización y devuelve el haz hacia el receptor que sólo deja entrar los rayos que vienen polarizados en el plano adecuado. Cuando un objeto obstruye el paso entre emisor

y receptor se está impidiendo que la luz reflejada hacia el receptor sea tratada por el reflector, por tanto el objeto es detectado instantáneamente. Cómo se indica en la *Figura 4.9*, es conveniente situar el receptor en la línea de emisión para conseguir una recepción acertada.

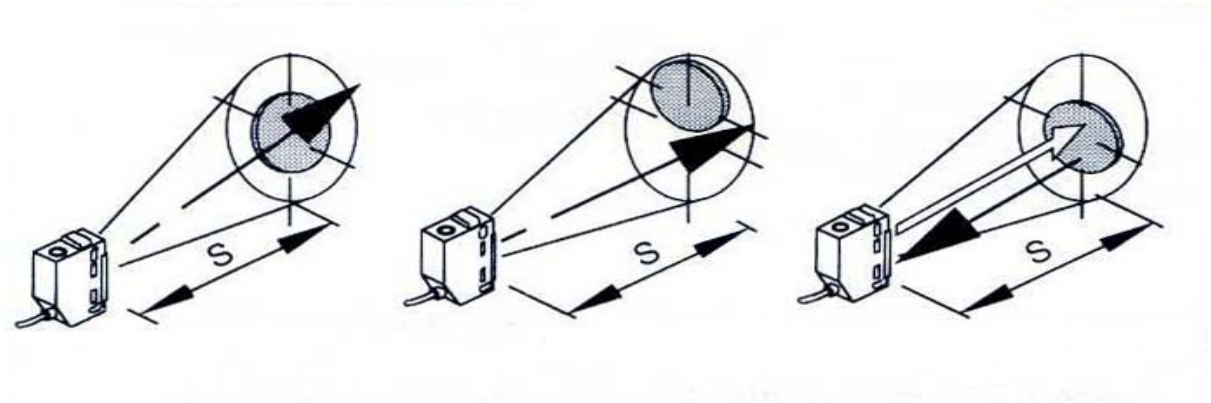


Figura 4.9. Funcionamiento del sensor óptico: En las dos primeras imágenes el reflector está mal colocado. En la tercera, está instalado en el eje óptico del aparato funcionando correctamente. [Télémécanique]

d) Señal luminosa que indique que la puerta está abierta o en movimiento

Por la naturaleza de esta señal, se ha optado por escoger una luz verde para indicar el estado de “Puerta abierta”. También se ha considerado oportuno indicar visualmente cuándo está la “Puerta en movimiento” y para ello se ha utilizado la misma luz pero, mediante programa, se inducirá a que parpadee en este estado, diferenciándolo de “Puerta Abierta”. El dispositivo para emitir el haz de luz es un led estándar verde WO1003V de Ariston. Cómo ventajas respecto al resto de alternativas del mercado destacan su eficiencia, tamaño e impacto ambiental.

El led verde seleccionado consume 20 mA con una caída de tensión de 2 V. Hay que tener en cuenta que al conectarse a los 24 V de la fuente del autómata, es necesario poner una resistencia en serie para limitar la corriente que pasa por el led. Según las especificaciones técnicas de los leds se calcula qué resistencia es más conveniente, que en este caso es de 1100 Ω.

e) Señal luminosa que indique que el número de plazas han sido ocupadas totalmente

Esta señal, ya que indica negación, se ha elegido de color rojo y el dispositivo utilizado, al igual que con la luz verde y por los mismos motivos, es un led estándar rojo EO1003R de Ariston que consume 20 mA con una caída de tensión de 2 V. Al igual que el led verde, según los cálculos se determina que necesita en serie una resistencia limitadora de corriente de 1100 Ω.

f) Luz para iluminar la estancia cuando la puerta está abierta o cuando se desee

En relación a la iluminación interior del garaje se ha considerado que es suficiente indicarla con un led blanco. El led seleccionado es el LR300NW0 de Ariston que consume 20 mA con una caída de tensión de 2,8 V. Según los cálculos se necesitaría una resistencia de 1060 Ω, por lo tanto la resistencia normalizada escogida es de 1100Ω.

Por otro lado, para apagar y encender las luces de la estancia (el led blanco) se utiliza un conmutador IT01110 que manualmente el usuario podrá activar, en el cual la posición ON significará estancia iluminada y en la posición OFF estancia no iluminada.

g) Indicadores de plazas ocupadas

Es necesario disponer de algún dispositivo para advertir al sistema que una plaza ha sido ocupada o no. Así pues, únicamente es necesario un dispositivo que tenga dos estados: uno que indique estacionamiento ocupado y otro libre. Para ello se han utilizado conmutadores (*Figura 4.10.)* que manualmente el usuario de la maqueta podrá activar y desactivar simulando el típico sensor de ocupación de plazas de garaje.

Figura 4.10. Conmutador IT0114 [Ariston]

Para indicar que una plaza ha sido ocupada se utilizan conmutadores IT0114 de UL. En la posición ON indicará que la plaza está ocupada, mientras que en OFF desocupada.

4.2.2. Construcción

La construcción de la maqueta se dividirá en dos partes fundamentales. Primero, se fabrica la estructura de madera y después se instalan en ella los diferentes dispositivos. Para ello hay que tener muy clara la ubicación de cada elemento en el prototipo de acuerdo a su funcionalidad.

La estructura de madera está formada por el esqueleto de la puerta y la plataforma sobre la que se acomoda éste. El mecanismo principal emplaza el motor y reductor en su interior, junto con una polea que sube y baja la puerta, dispuestos de tal manera que cómodamente se puede practicar un mantenimiento regular. Además, a cada lado de la puerta se colocan unas guías por las que se desplazará la puerta. Por otro lado, la función de la plataforma, además de sostener los componentes principales, es salvaguardar toda la electrónica dentro de una cámara o caja escondida en su parte inferior hueca cómo se puede ver en la fotografía de la *Figura 4.11*.

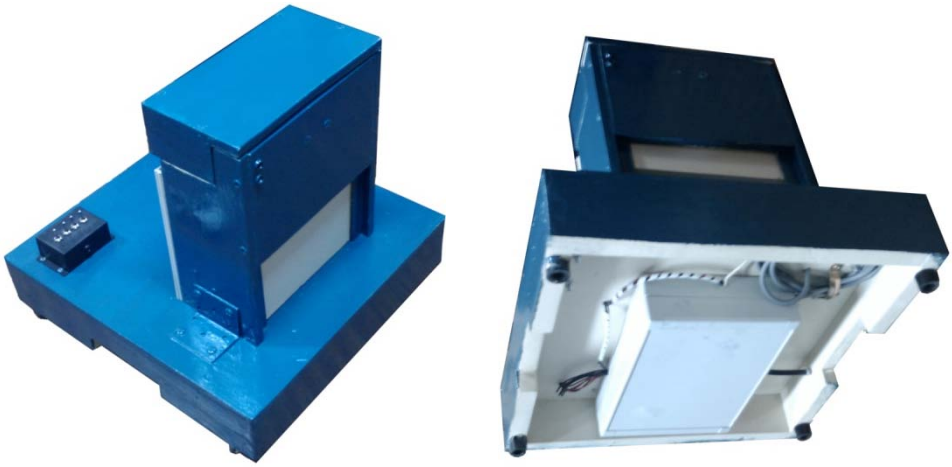


Figura 4.11. Fotografías de la maqueta desde perspectivas de picado (izquierda) y contrapicado (derecha)

Como material para construir la estructura se ha optado por madera DM. Ésta, elaborada por fibras aglutinadas con resinas, destaca por su durabilidad, resistencia y bajo coste. Además, se caracteriza por ser ligera, propiedad que favorece un cómodo transporte de la maqueta. Esto

se contrapone a otras maderas también ligeras pero de poca resistencia a los impactos o agentes químicos.

Para realizar la plataforma se han necesitado dos tablas de madera DM de dimensiones 1220 x 450 mm y 1220 x 350 mm, con grosores de 10 y 20 mm, respectivamente. La primera es la destinada a la construcción del esqueleto de la puerta y la segunda, más gruesa, conforma la plataforma.

El procedimiento de construcción de la estructura de madera se divide en las siguientes fases:

1. Partiendo de unos planos, creados con anterioridad, se miden en la madera las piezas necesarias a obtener y se marcan debidamente para que sean cortadas. Hay que dejar siempre un margen mínimo de unos milímetros para que al cortar no eliminemos parte de la pieza objetivo. Más tarde siempre se pueden limar estos márgenes de seguridad.

2. Una vez marcadas, las piezas se cortan con una sierra de mano y se liman los márgenes. Al tratarse de DM, cuando se realiza el limado hay que tener cuidado con la dirección en qué se efectúa, ya que si se realiza el limado perpendicularmente a la dirección de las láminas comprimidas fácilmente se pueden desprender las más superficiales. Para ello, siempre es mejor utilizar papel de lija para madera y evitar este problema. Si no es posible y hay algún desprendimiento se puede utilizar masilla para las fisuras.

3. A continuación hay que efectuar los agujeros para tornillos y tirafondos. Las piezas, previamente se marcan para situar el lugar dónde hay que taladrar. Para cada unión se ha seleccionado un tipo de tornillo o tirafondo teniendo en cuenta el diámetro exterior y la longitud. Para taladrar se utilizan brocas de un diámetro ligeramente inferior para que al pasar los tirafondos se ajusten rígidamente, sin holgura posible. En cambio, cuando se han utilizado tornillos se ha creado el agujero del diámetro del tornillo.

4. Una vez se han realizado los agujeros, antes de atornillar, se pinta la madera. Para este paso se utiliza pintura y posteriormente barniz, para aumentar su durabilidad frente agentes externos. Después del secado se puede proceder a unir las piezas con los

tornillos y tirafondos ayudándose de un destornillador y una llave fija para poder ajustar debidamente las tuercas.

5. Ahora la estructura ya está disponible para ensamblar la caja con la electrónica e instalar el resto de dispositivos. Para ello previamente, en el tercer paso de este proceso de construcción, se han dispuesto agujeros y piezas pensando en el camino que realizarán los cables o en la sujeción de los componentes (la caja, las escuadras del motor, los portaleds, etc.).

Para la caja que debe albergar la electrónica, se ha escogido plástico ABS. Si fuese de metal podría provocar contactos intempestivos con los circuitos.

Al igual que se perfora la plataforma de madera, la caja deberá perforarse también para que pasen los cables. Además de los de sujeción de la caja a la madera, se habrán realizado tres agujeros en la plataforma y tres en los soportes laterales. Por los tres agujeros de la plataforma se desliza el cableado de los elementos electrónicos de la puerta: motor, leds, detectores de final de carrera, sensor óptico e interruptores. Se dividen en tres, en lugar de pasar todos los cables por uno sólo, debido a la situación de cada dispositivo en la plataforma. Por otro lado, los tres agujeros laterales en la plataforma son para alimentar la maqueta de la red de 230 V, el cableado de entradas y el cableado de salidas.

4.3. Diseño del automatismo

4.3.1. Configuración del software

Para abrir el software PL7 Pro hay que dirigirse a la carpeta *Modicon Telemecanique* (*Figura 4.12.*) que se ha creado durante su instalación por defecto en Inicio/Programas. En ella, seleccionar *PL7 Pro V.4.4* y automáticamente, se abrirá el programa de diseño.

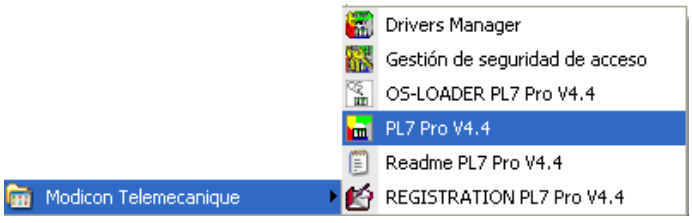


Figura 4.12. Acceso a PL7 Pro

Una vez dentro, hay que dirigirse a Archivo/Nuevo… (*Figura 4.13.*) para crear una nueva aplicación. Se abrirá la ventana siguiente:

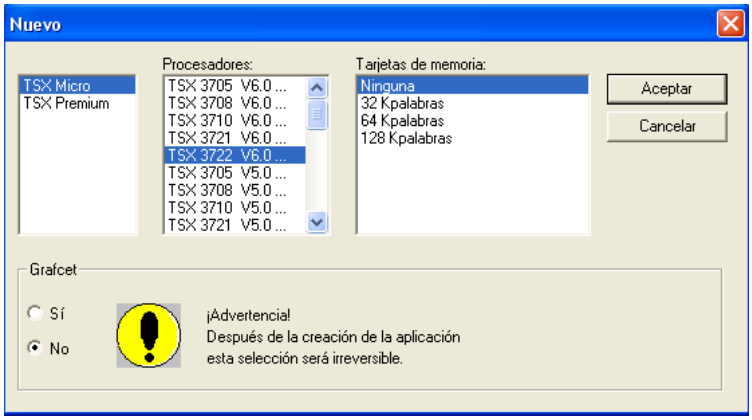


Figura 4.13. Ventana para crear una nueva aplicación

Aquí hay que elegir el autómata, en este caso TSX Micro, y la versión del procesador del mismo, 3722 V.6.0. Por otro lado, también hay que indicar si la aplicación contendrá GRAFCET o no. En este caso, se elige que no, ya que se programará en diagrama de contactos. Al aceptar la configuración escogida, aparecerá el marco de navegación de la aplicación (*Figura 4.14.*) en la parte izquierda de la pantalla.

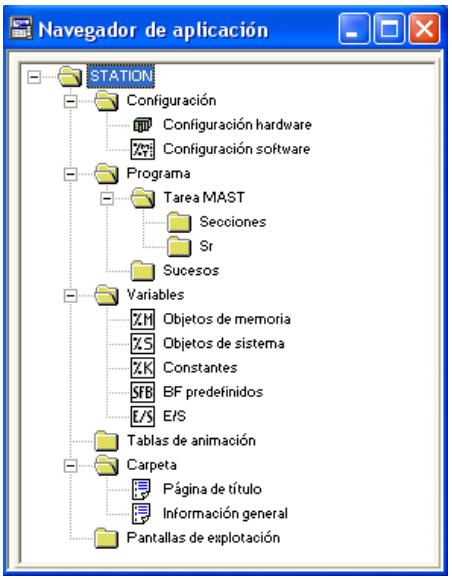


Figura 4.14. Navegador de PL7 Pro

Aquí con doble clic en Configuración hardware aparece una ventana (*Figura 4.15.*) dónde hay que indicar qué tarjetas posee el autómata (*Figura 4.16.*).

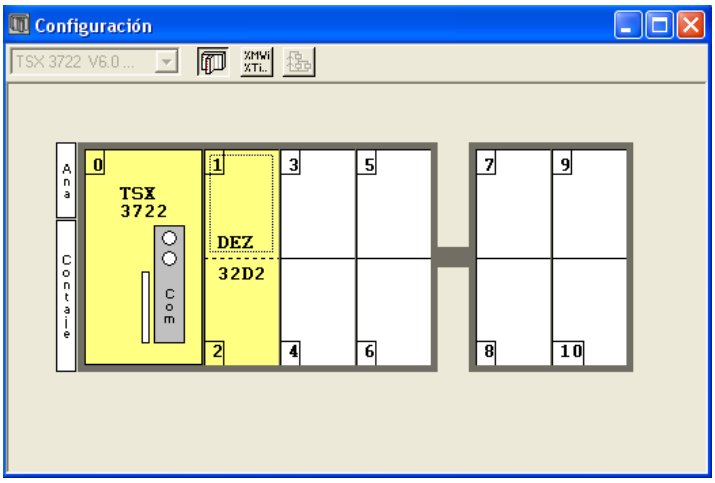


Figura 4.15. Configuración del hardware

Se selecciona con doble clic la zona dónde se encuentran las tarjetas, en la ventana numeradas, y se abre la ventana siguiente:

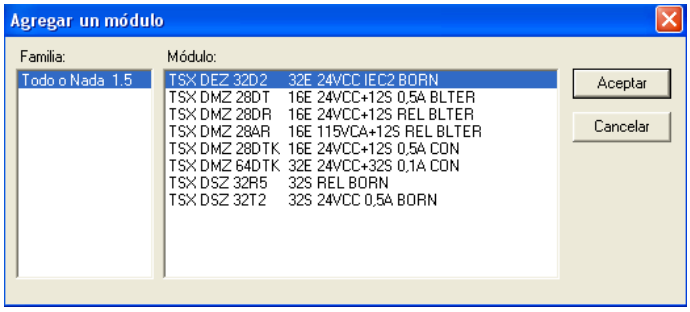

Agregar un módulo
Familia:
Todo o Nada 1.5
Módulo:
TSX DEZ 32D2 32E 24VCC IEC2 BORN
TSX DMZ 28DT 16E 24VCC+12S 0,5A BLTER
TSX DMZ 28DR 16E 24VCC+12S REL BLTER
TSX DMZ 28AR 16E 115VCA+12S REL BLTER
TSX DMZ 28DTK 16E 24VCC+12S 0,5A CON
TSX DMZ 64DTK 32E 24VCC+32S 0,1A CON
TSX DSZ 32R5 32S REL BORN
TSX DSZ 32T2 32S 24VCC 0,5A BORN
Aceptar
Cancelar

Figura 4.16. Ventana de selección del módulo utilizado

En este caso, el autómata utilizado posee el módulo de entradas y salidas TSX DEZ 32D2 en la zona 1.

Hecho esto ya se puede empezar a programar. Para ello, dentro del navegador de la aplicación, hay que seleccionar con el botón derecho la carpeta Secciones y hacer clic en Crear. Se asigna un nombre al archivo que se desea crear (*Figura 4.17.*) y se selecciona el lenguaje de programación. Como se ha mencionado anteriormente, el lenguaje es LD (lenguaje *ladder* o diagrama de contactos). A continuación, se aceptan los cambios.

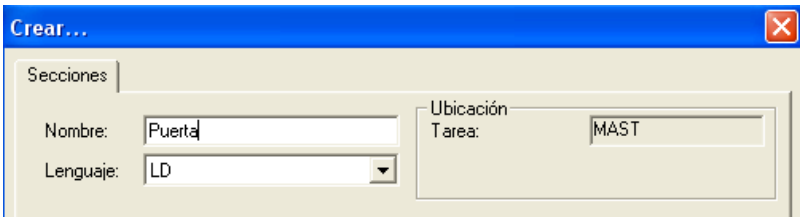


Figura 4.17. Ventana de creación de un nuevo archivo

Al aceptar, aparecerá el nuevo archivo dentro de la carpeta Secciones en el marco de navegación. Seleccionándolo con doble clic se abrirá el entorno de trabajo dónde se diseñará el programa en diagrama de contactos.

4.3.2. Programa principal

a) Puerta móvil accionada por motor que, según la conexión, gira en un sentido o en el contrario para abrirla o cerrarla

Para que el motor gire en un sentido y en el contrario se utilizan dos salidas, %Q.2.1 y %Q2.2. Más tarde, mediante el conexionado con el motor se establecerá cómo cada una de las dos salidas activa un sentido.

Para evitar cortocircuitos, al activarse una de estas salidas se bloquea la otra. Así nunca se podrán activar a la vez. El motor se detiene cuando la puerta llega a los finales de carrera, por lo que como otra condición añadida a la anterior también hay que fijar que los finales de carrera no pueden estar activados para que el motor esté funcionando. En el momento que se active el final de carrera inferior la salida que activa la bajada de la puerta, mediante la rotación del motor en un sentido, se desactiva. En cambio, para el final de carrera superior, el motor se para pero se ha determinado un tiempo de cuatro segundos para que automáticamente la puerta vuelva a bajar. Para ello se utiliza un temporizador.

A continuación, se puede leer las primeras líneas de código programado en diagrama de contactos. En la primera (*Figura 4.18.*) se puede ver la entrada activada por control remoto %I1.1 que activa la salida que hace subir la puerta %Q2.1, al provocar el giro del motor en un sentido determinado, si el final de carrera superior %I1.2 y la salida que hace bajar la puerta %Q2.2 están desactivados. Al subir la puerta hasta arriba, el final de carrera superior se activa y automáticamente se desactiva %Q2.1. Hay que tener en cuenta que el detector connectado a %I1.2 tiene un contacto normalmente cerrado.

Figura 4.18. Activación de la subida de la puerta mediante diagrama de contactos

En la segunda línea (*Figura 4.19.*), el FCS activa la bajada de la puerta, tras cuatro segundos (temporizador %TM0) si el final de carrera inferior %I1.3 y la salida %Q2.1 están desactivados. Al bajar la puerta hasta abajo, el final de carrera inferior se activa y automáticamente se desactiva %Q2.2.

Figura 4.19. Activación de la bajada de la puerta mediante diagrama de contactos

Como se puede observar en la figura anterior, se ha utilizado la base de tiempo más pequeña TB = 10 ms que permite utilizar la máxima precisión del programa. Por otro lado, TM.P tiene que ajustarse a esta base.

b) Accionamiento remoto de la puerta

Cómo se ha visto en el apartado a) se ha reservado la entrada %I1.1 para el accionamiento remoto de la puerta. Para enclavar esta entrada y, así, evitar tener que mantener pulsado el botón del mando a distancia para activar la salida %Q2.1 se establece en paralelo a la entrada la misma salida (autoenclavamiento mostrado en la *Figura 4.20.*). Así, al dejar de pulsar, como la salida ya habrá sido activada, la condición se mantendrá vigente hasta que se desactive en otra línea de programa.

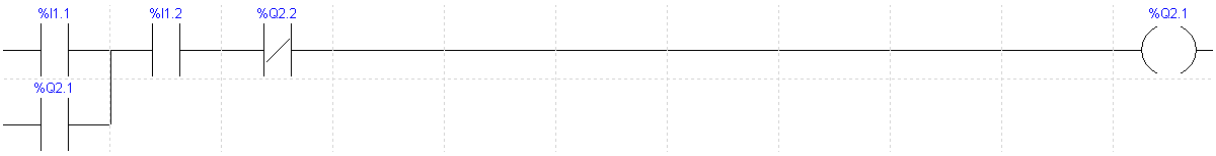


Figura 4.20. Autoenclavamiento de la salida %Q2.1

Como se puede observar en la *Figura 4.21.*, para la salida %Q2.2 el programa sigue una pauta similar.

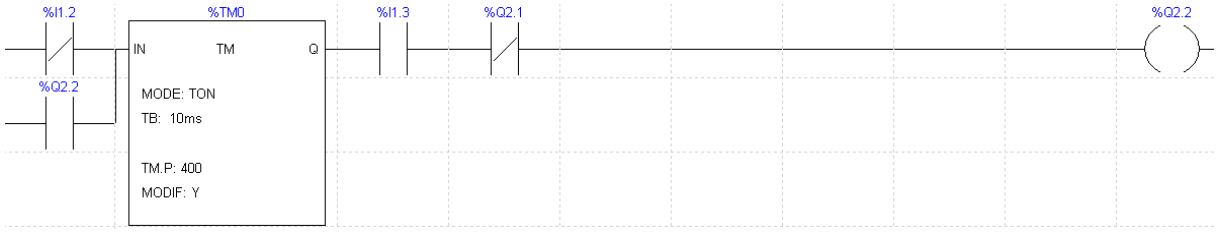


Figura 4.21. Autoenclavamiento de la salida %Q2.2

c) Detección de objetos que intercepten la puerta cuando ésta desciende

Cuando la puerta esté bajando (%Q2.2 activado) el detector fotoeléctrico activará la entrada %I1.4 si detecta un objeto que intercepte el descenso de la puerta. Para este caso, se utiliza un relé, por ejemplo %M0, para recordar que el detector está activado y autoenclavarlo. Además hay que indicar, como se puede ver en la *Figura 4.22.*, que el relé se desactivará cuando se accione el final de carrera %I1.2.

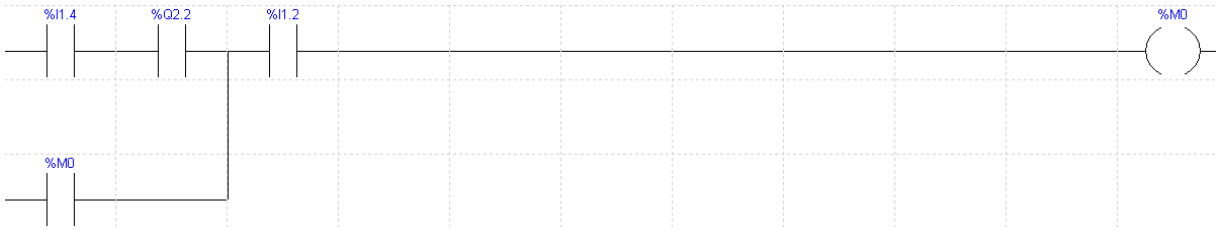


Figura 4.22. Uso de relé para el funcionamiento del detector óptico

El resto del programa hay que modificarlo (*Figura 4.23.*) y añadir %M0 para que tras unos milisegundos, con el temporizador %TM1, active la subida de la puerta e incluirlo negado también en las condiciones para suspender el movimiento del motor.

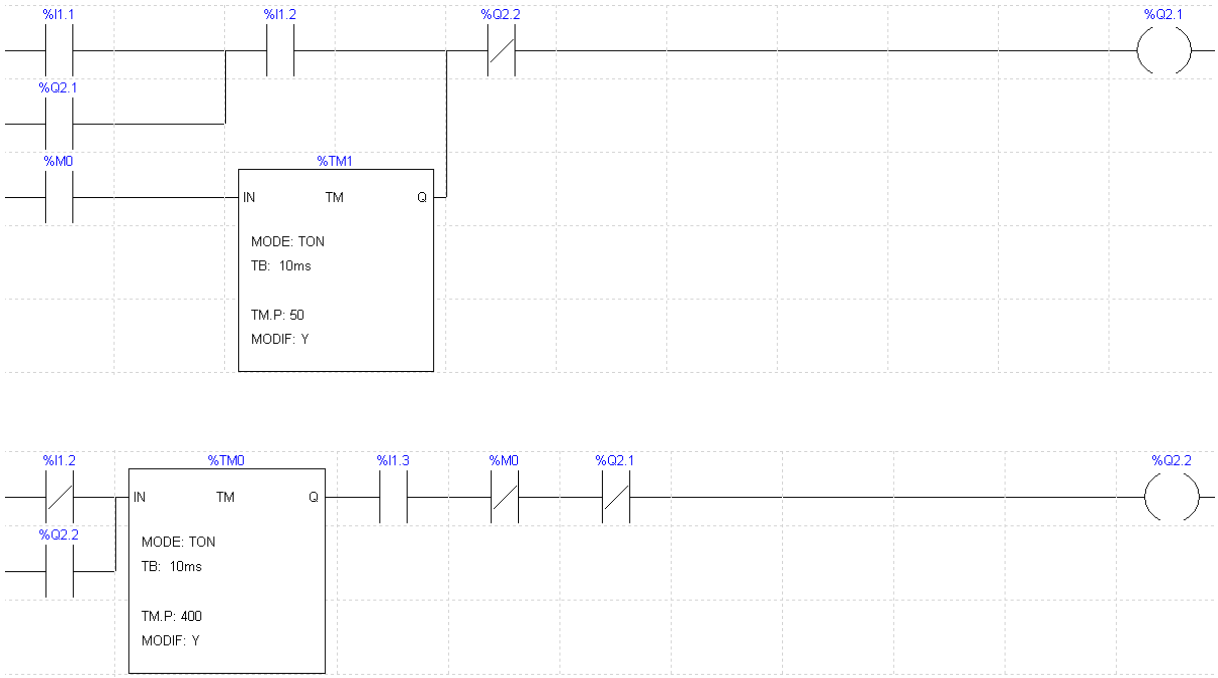


Figura 4.23. Temporización de la parada de la puerta mediante diagrama de contactos

Por otro lado, también se incluye en el automatismo principal la opción de parar la puerta con el mando durante su descenso para que automáticamente vuelva a subir. Esto evitaría tener que esperar a que se cerrase para volverla a abrir. Para ello se aprovecha el relé utilizado para el detector, %M0, incluyendo %I1.1 en la línea de activación de %M0 (*Figura 4.24.*). De esta forma, al activarse el control remoto cuando la puerta esté bajando también se parará la puerta durante medio segundo y subirá.

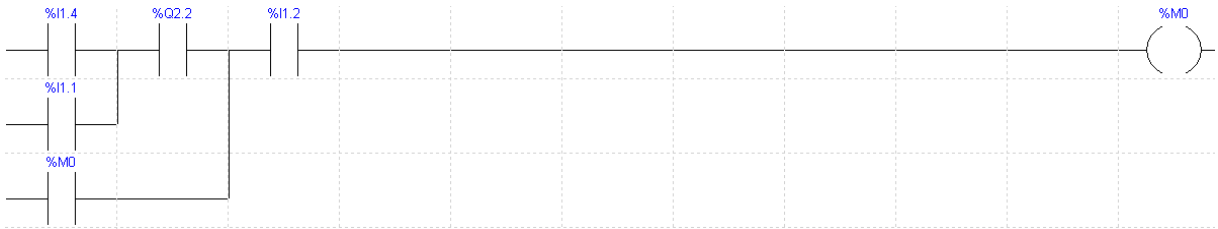


Figura 4.24. Incorporación del control remoto para detener la puerta

d) Señal luminosa que indique que la puerta está abierta o en movimiento

Como se ha explicado con anterioridad, la señal luminosa parpadeará cuando la puerta esté en movimiento (%Q2.1 y %Q2.2 activados) y se mantendrá fija cuando esté abierta (%I1.2 activado). Con este fin se utiliza el bit de sistema %S6 (*Figura 4.25.*) cuyo cambio de estado,

regulado por un reloj interno, se efectúa cada medio segundo. Cuando el FCI %I1.3 se active, la señal luminosa %Q2.3 se apagará.

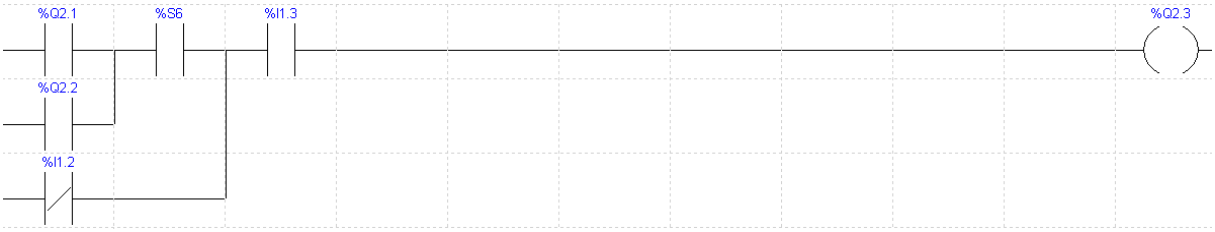


Figura 4.25. Configuración de la señal luminosa %Q2.3

e) Señal luminosa que indique que el número de plazas han sido ocupadas totalmente

En la *Figura 4.26.* se presenta esta programación que consiste simplemente en unir las tres entradas en una misma rama que active la salida sólo si las tres a la vez están activadas.

Figura 4.26. Configuración de la señal luminosa %Q2.5

No hay que olvidar introducir esta salida %Q2.5 negada como condición en la apertura de la puerta con %Q2.1, ya que cuando todas las plazas estén ocupadas nadie podrá acceder al anterior del garaje hasta que no se desocupe alguna (*Figura 4.27.*). En cuanto se desocupe una, la puerta podrá volverse a abrir, tanto para la salida del vehículo que ha desocupado la plaza como para la entrada de otro vehículo.

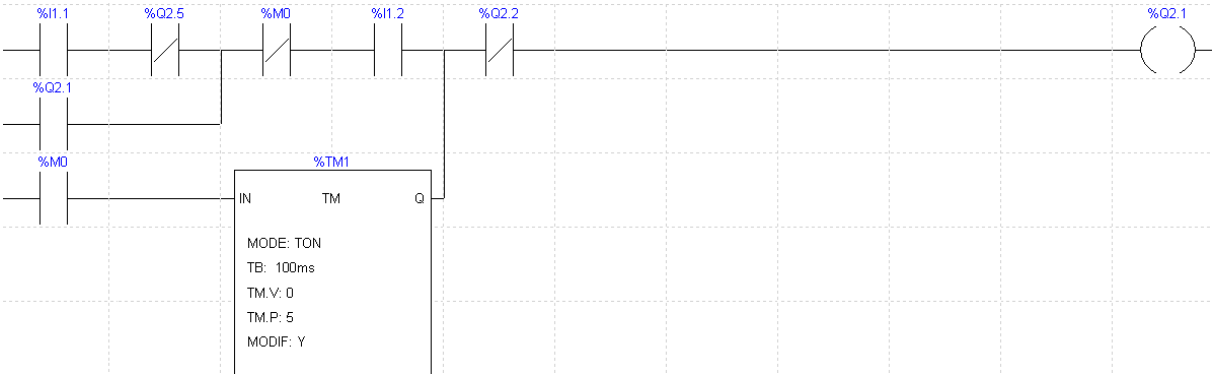


Figura 4.27. Incorporación de %Q2.5 en otras líneas del programa

f) Luz para iluminar la estancia cuando la puerta está abierta o cuando se desee

Con esta simple línea (*Figura 4.28.*) la estancia se iluminará cada vez que no esté activado el FCI %I1.3, es decir, siempre que esté abierta la puerta y siempre que se desee mediante el interruptor manual %I1.5.

Figura 4.28. Configuración de la señal luminosa %Q2.4

g) Indicadores de plazas ocupadas

Los indicadores, como se ha visto en el apartado e), son las tres entradas que activan la salida %Q2.5.

4.4. Diseño de las prácticas

La siguiente recopilación de prácticas se ha ideado con el fin de poder llegar a formar parte de las prácticas habituales que constituyen el temario de las asignaturas de ingeniería eléctrica de la Escuela. Para diseñarlas se han tomado como modelo las ya existentes, utilizando mismo formato y estructura. En total se han creado seis prácticas nuevas, cada una de las cuales guarda relación y aumenta el grado de dificultad respecto a la anterior. Sin embargo, para que el personal docente pueda elegir las prácticas de forma independiente, en la sección *Preparación de la práctica* (existente en cada una de éstas) se expone todo lo necesario para que el alumno pueda realizar la práctica sin haber realizado las anteriores. Debido a los cambios introducidos en cada práctica, la puerta simula en cada caso un escenario distinto. Por ejemplo, la práctica 1 se sitúa en un garaje, las prácticas 2, 3 y 4 en un establecimiento comercial, y las prácticas 5 y 6 en un aparcamiento público.

4.4.1. Contenido de las prácticas

A continuación se exponen los contenidos de cada práctica, los objetivos que el alumno debe alcanzar y los conocimientos que adquirirá finalmente. La fuente original de las siguientes prácticas son dos ya existentes, creadas con anterioridad por el personal docente de la Escuela para la maqueta antigua de la puerta de garaje. Así pues, cuando en el presente apartado se haga referencia a *Práctica original en grafcet* o *Práctica original en diagrama de contactos*

hay que tener en cuenta que se trata de estas dos prácticas pretéritas. Los enunciados de estas dos prácticas, así como los enunciados de las prácticas nuevas se presentan en su totalidad en la sección *Anexos* del presente proyecto junto con las soluciones correspondientes.

Práctica 1 - Puerta de garaje con gráfico de explotación

Lenguaje de programación: grafcet.

Práctica predecesora: Práctica original en grafcet

Contenido: el estudiante conocerá los fundamentos de la programación con gráficos de explotación y tendrá que realizar las modificaciones necesarias en el gráfico para que el automatismo funcione con o sin la mejora del dispositivo de seguridad de la puerta (sensor fotoeléctrico). Éste, detallado en la práctica original, consistía en la detención del descenso de la puerta cuando un objeto se interponía en su trayectoria. Finalmente, el alumno podrá probar su automatismo con la maqueta de la puerta.

Práctica 2 – Puerta de establecimiento comercial en DC

Lenguaje de programación: diagrama de contactos.

Práctica predecesora: original en diagrama de contactos (DC) sin las tres mejoras

Contenido: el estudiante deberá introducir dos mejoras en un automatismo ya creado con diagrama de contactos. Éstas servirán para controlar otros segmentos de la maqueta de la puerta de garaje que antes no se habían puesto en práctica, como puede ser la introducción del concepto de “altura ajustable”. Éste consiste en poder detener la puerta mediante el mando a distancia a la altura y momento que el usuario desea. Además, se pondrá en práctica el control de la luz interior del establecimiento con un interruptor manual. Finalmente, el alumno podrá probar su automatismo con la maqueta de la puerta.

Práctica 3 – Puerta de establecimiento comercial en grafcet

Lenguaje de programación: grafcet.

Práctica predecesora: Práctica original en grafcet con la mejora

Contenido: el estudiante deberá introducir las dos mejoras descritas en la práctica anterior pero, esta vez, partiendo de una práctica programada en lenguaje grafcet. Adicionalmente, se deberá realizar una ampliación sobre el automatismo que permita la temporización de la luz interior del establecimiento. Finalmente, el alumno podrá probar su automatismo con la maqueta de la puerta.

Práctica 4 - Puerta de establecimiento comercial con gráfico de explotación

Lenguaje de programación: grafcet.

Práctica predecesora: Práctica 3 – Puerta de establecimiento comercial en grafcet

Contenido: el estudiante deberá ampliar el automatismo de la anterior práctica con gráficos de explotación. Con la mejora de "altura ajustable" la programación del automatismo aumenta en dificultad teniendo el estudiante que enlazar correctamente las variables que mueven la imagen de la puerta en el gráfico. Además, para poder simular el oscurecimiento del establecimiento el estudiante aprenderá nuevos trucos para aplicar en los gráficos. Finalmente, el alumno podrá probar su automatismo con la maqueta de la puerta.

Práctica 5 - Puerta de aparcamiento público con gráfico de explotación

Lenguaje de programación: grafcet.

Práctica predecesora: Práctica original en grafcet con la mejora del sensor

Contenido: se pondrán en práctica aspectos más avanzados de los gráficos de explotación pudiendo el estudiante trabajar con distintas pantallas durante el transcurso de la práctica. Las nuevas pantallas introducirán nuevos cambios en la programación del automatismo para poder mostrar cuántas plazas están libres en una de ellas y en otra el importe a abonar cuando se abandone el aparcamiento público. Además el estudiante aprenderá a producir intermitencias con la luz verde y se deberá programar la luz roja para activarse cuando todas las plazas estén ocupadas. Finalmente, el alumno podrá probar su automatismo con la maqueta de la puerta.

Práctica 6 - Puerta de aparcamiento público con Magelis

Lenguaje de programación: grafcet.

Práctica predecesora: Práctica 5 - Puerta de aparcamiento público con gráfico de explotación

Contenido: el alumno deberá programar las funciones básicas de un sistema de supervisión mediante el automatismo de la práctica anterior. Para ello se hará uso de las pantallas Magelis disponibles en el laboratorio. En éstas se deberán mostrar las mismas funcionalidades que en la práctica anterior: luz roja de alerta de plazas ocupadas, luz verde de movimiento de puerta, importe a abonar y plazas ocupadas. Finalmente, el alumno podrá probar su automatismo con la maqueta de la puerta.

4.4.2. Soluciones de las prácticas

Las soluciones de las prácticas anteriormente enunciadas se presentan en la sección *Anexos* del presente proyecto.

CONCLUSIONES

Se puede decir que este proyecto contribuye en la docencia de la Escuela con tres niveles de mejora. Uno, las posibilidades que ofrece la maqueta a la hora de ejemplificar problemas propuestos de forma visual y con mayor interactividad. Dos, las diferentes prácticas incluidas en el presente proyecto ofrecen nuevas propuestas de prácticas a los profesores de cara a la impartición de sus clases. Y tres, se adjunta un manual de usuario y un programa básico de prueba con el fin de facilitar al personal inexperto la utilización de la maqueta.

Actualmente, en el centro, se imparten diferentes asignaturas en el laboratorio del Aula Schneider que podrían utilizar provechosamente la maqueta. Antiguamente, ya existía una versión de ésta, con lo cual existen prácticas pretéritas referidas al modelo antiguo y la experiencia del profesorado al saber trabajar con ella. Esto ayuda a la incorporación de la nueva maqueta, que incorpora distintas mejoras ofreciendo a profesores mayor versatilidad en su enseñanza. De igual forma, los alumnos pueden poner en prácticas nuevas opciones con los autómatas.

Además, las prácticas incluidas en el proyecto sirven como guía o ejemplo para poderlas utilizar durante las clases en el laboratorio. Éstas, con un aumento correlativo de la dificultad, complementan la maqueta con distintos enunciados que explotan de forma diversa las posibilidades del modelo.

Finalmente, el programa básico de prueba que se adjunta en el proyecto permite la rápida comprobación de las funciones de la maqueta ahorrando así tiempo en posibles verificaciones y búsqueda de errores durante su uso. De igual modo, se amplía la usabilidad del modelo con el manual de usuario adjuntado en el proyecto que ayuda al personal inexperto y alumnos durante su servicio.

Para concluir, conviene advertir como todos los objetivos se han ido cumpliendo a lo largo del período de realización del proyecto. Desde los más específicos del proyecto hasta los personales. Es por eso que sólo cabe decir que ha sido un placer realizarlo, así como documentarlo.

BIBLIOGRAFIA

Referencias bibliográficas

[1] O. BOIX O. GOMIS, *Recopilación de prácticas de Taller eléctrico.* Barcelona, 2011.

[2] CEBEK Electronics Circuits, *Motor reductor variable C-8051 [http://www.electan.com/datasheets/cebek/CE-C8051.pdf]*.

[3] ELECTAN, *Telemando radiofrecuencia TL-5*

[http://www.electan.com/datasheets/cebek/TL-05%28Esp%29.pdf].

[4] ELECTAN, *Telemando receptor 1C 12V CEBEK*

[http://www.electan.com/telemando-receptor-12v-cebek-p-2427.html].

[5] ELECTAN, *Fuente de alimentación 12V 300mA CEBEK*

[http://www.electan.com/fuente-alimentacion-12v-300ma-cebek-p-2112.htm]l.

[6] Schneider Electric, *Photo-electric detectors [http://www.zeko.sk/schneider/download/osiris_xu/photoelectric_detectors_osiris_universal_references_characteristics_1_EN.pdf]*.

Bibliografía complementaria

SCHNEIDER ELECTRIC S.A., *Manual de referencia de PL7 Pro.* España. Marzo 2005.

SCHNEIDER ELECTRIC S.A., *Editor de pantallas de explotación*. España. Marzo 2005.

SCHNEIDER ELECTRIC S.A., *Autómatas Modicon Micro TSX 3705/3708/3710/3720 Manual de puesta en marcha*. Tomo 1. España. Marzo 2005.

TÉLÉMÉCANIQUE S.A., *Magelis XBT Terminal Self-Teach Manual*. Raleigh, NC USA. Mayo 2007.

AENOR, *Dibujo técnico. Normas básicas.* 1999.

CARDONA, S., JORDI, L., *Magnitudes y unidades.* 2000.

ANEXOS

A. ENUNCIADOS DE LAS PRÁCTICAS

En este anexo se recopilan los enunciados de las seis prácticas con las cuales los alumnos podrán aplicar sus conocimientos de programación acompañándose de la maqueta de la puerta. Se ha seguido el formato de las prácticas anteriormente creadas para la docencia por Oriol Boix y Oriol Gomis.

A.1. Práctica 1: puerta de garaje con gráfico de explotación

1. Objetivos

El objetivo de esta práctica es que el estudiante practique la programación de un automatismo con un modelo físico de una puerta de garaje y, paralelamente, con gráficos de explotación.
Al terminar la práctica, el estudiante tiene que ser capaz de:

1. Programar gráficos de explotación a nivel básico
2. Controlar la maqueta mediante el programa creado

2. Preparación de la práctica

Preparad el grafcet que realiza el automatismo sencillo para una puerta de garaje. Recordemos que la secuencia es la siguiente. Cuando el usuario activa (tiene un contacto NO) el mando a distancia (%I1.1) se activa el motor que hace subir la puerta (%Q2.1.). En ese momento el usuario tiene que dejar de pulsar el mando y prepararse para entrar en el garaje. El motor se detiene cuando el detector de fin de carrera superior (%I1.2) se activa (tiene un contacto NC). Pasados cuatro segundos de la detención de la puerta se activa el motor que hace bajar la puerta (%Q2.2.) hasta que se activa (tiene un contacto NC) el detector de fin de carrera inferior (%I1.3), en este momento el sistema se mantiene parado esperando que alguien vuelva a activarlo mediante el mando a distancia. Una luz (%Q2.3) se tiene que encender mientras la puerta está en movimiento (subiendo o bajando).

Además, hay que tener en cuenta que el programa en grafcet se enlazará con un gráfico de explotación. Estos gráficos se constituyen de partes estáticas y dinámicas. Estas últimas son las que están enlazadas al programa de grafcet mediante variables. En este caso, la pantalla de explotación estará formada por la imagen estática de la puerta que no es más que un rectángulo como el siguiente.

Figura A.1. Imagen estática de la fachada

Por otro lado, la pantalla de explotación también estará formada por una imagen dinámica constituida por un rectángulo negro que se superpondrá a la imagen de la fachada para simular la subida y bajada de la puerta. Este rectángulo dinámico irá apareciendo y desapareciendo según la variable del programa principal que le sea asignada. Se desea que al subir la puerta, el rectángulo vaya apareciendo hacia arriba, y cuando baje la puerta, el rectángulo vaya desapareciendo hacia abajo.

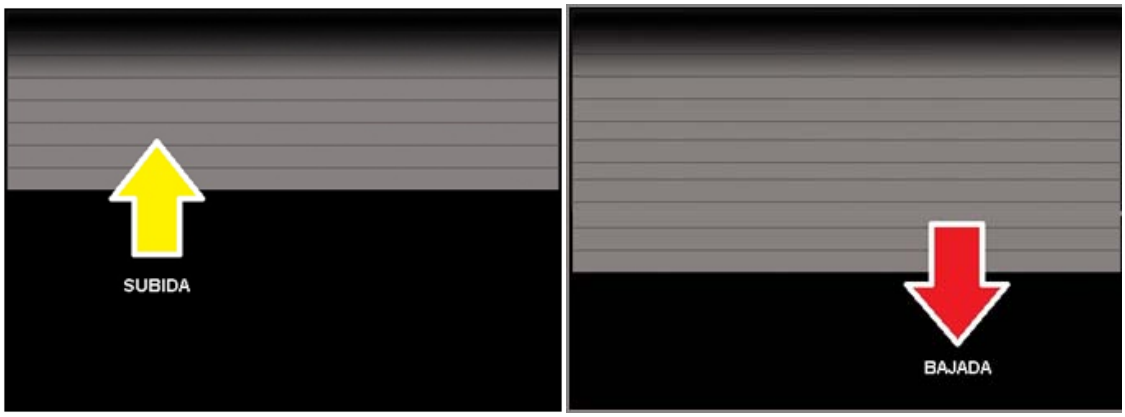


Figura A.2. Subida y bajada de la puerta con el rectángulo dinámico

Si tenemos en cuenta cuales son las etapas que estarán activas en estos dos momentos, el tiempo que dure esa etapa %Xi.T, el cual irá incrementándose mientras dura la misma, se puede utilizar para mover el rectángulo.

Por ejemplo, si la etapa de subida es %X1, la variable que se le asignará al rectángulo negro para que vaya apareciendo hacia arriba será %MW1, siendo %MW1:= %X1.T dónde %X1.T es el tiempo (en décimas de segundo) que lleva activa la etapa y, por tanto, que la puerta lleva moviéndose.

Figura A.3. Programación del gráfico de explotación

Para el descenso, utilizad la misma variable %MW1 (a un mismo rectángulo sólo se le puede asignar una única variable) en la etapa *i* en que baje la puerta, teniendo en cuenta que %Xi.T irá en aumento y queremos que el rectángulo mengüe. Para ello es recomendable restar este tiempo del total que dura la bajada (27 segundos aproximadamente). Así mientras vaya aumentando %Xi.T, irá disminuyendo la variable asignada.

Preparad también el grafcet con la mejora del dispositivo de seguridad que hace que la puerta deje de bajar si alguien o algo se sitúa debajo de la puerta o, también, si alguien vuelve a activar el mando mientras está bajando. Recordemos que la mejora respecto al anterior grafcet es la siguiente. La puerta dispone de un detector óptico de barrera (%I1.4) que se activa (tiene un contacto NO) cuando se detecta alguna persona o cosa debajo de la puerta. Cuando la puerta está bajando y se activa este detector el motor se tiene que detener durante medio segundo (para dar tiempo a que la puerta pare) y seguidamente hacer subir la puerta. También, si la puerta está bajando y alguien activa el mando el motor tiene que detener durante medio segundo (para dar tiempo a que la puerta pare) y seguidamente hacer subir la puerta.

Realizad las modificaciones convenientes para que se pueda vincular al gráfico de explotación. Hay que tener en cuenta que cuando se active la etapa en la cual se detiene la puerta por el detector hay que memorizar en qué punto está la puerta para que cuando el programa vuelva a la etapa inicial de subida en el gráfico ascienda la puerta desde ese punto.

Para ello es recomendable usar una variable nueva %MWi que almacene el punto dónde se ha quedado suspendida la puerta.

3. Material que hay que llevar al laboratorio

Al laboratorio hay que llevar:

1. Guión de prácticas (individual)
2. Programas preparados (ved apartado “preparación de la práctica”)
3. Lápiz, goma de borrar y bolígrafo

4. Realización de la práctica

Descargad el archivo con imágenes que podéis encontrar en el campus digital. Este archivo contiene una imagen BMP de la fachada dónde se encuentra el garaje (parte estática), la puerta del mismo (parte dinámica) hay que crearla a continuación.

Comenzad introduciendo en PL7 Pro el programa que habéis preparado con antelación de la puerta de garaje sin la mejora. Hecho esto, en el navegador de la aplicación, seleccionando con el botón derecho Pantallas de explotación acceded el editor de pantallas. Cread una nueva pantalla e importad la imagen BMP haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre el espacio en blanco, en el menú seleccionad Imagen.

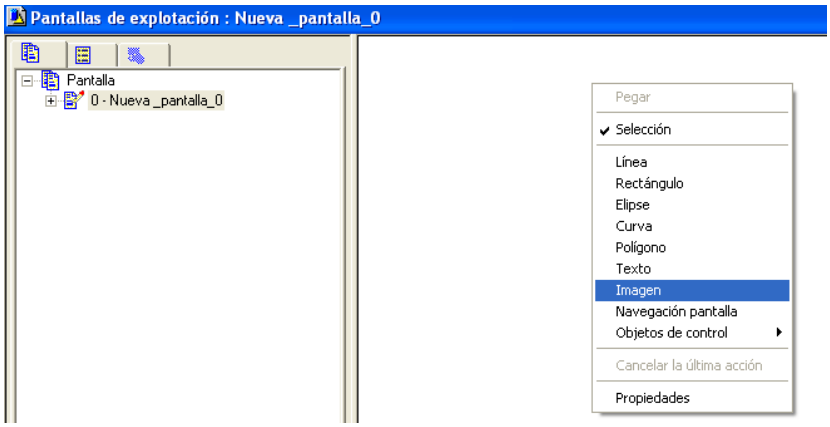


Figura A.4. Importación de imágenes en el Editor de gráficos de explotación

A continuación, cread un rectángulo y en sus propiedades seleccionad la pestaña Animar y activad la opción *Animar*. En Símbolo asignad la variable que lo moverá y en Condiciones de visualización indicad entre que valores oscila. En la figura se indica que el movimiento de la puerta dura trescientas veinte décimas de segundo (32 s). Este valor es el máximo que se puede dar con la maqueta. Este tiempo se da cuando la puerta sube, en cambio cuando baja es de aproximadamente doscientas setenta décimas de segundo (27 s).

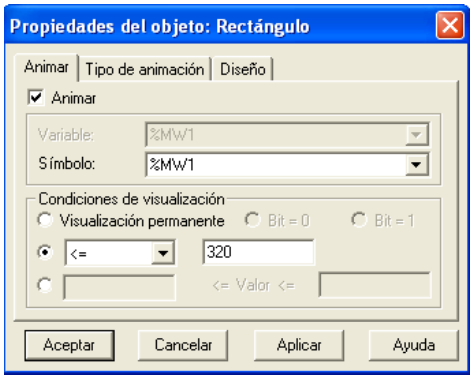


Figura A.5. Configuración de las propiedades del rectángulo

Seguidamente, en la pestaña Tipo de animación indicad que su movimiento sea como gráfico de barras y configurad su movimiento (en este caso es recomendable usar las opciones *1* o *2*).

Figura A.6. Creación de gráficos de barras

Por otro lado, para simular la luz verde, acceded a la pestaña de Objetos y en la carpeta de Visualizadores podéis encontrar varios. Copiad y pegad el elegido en vuestra pantalla. A continuación, en sus propiedades modificadlo para que sea animado por la variable que le corresponda. En este caso, se encenderá cuando el bit de salida %Q2.3 se ponga a 1.

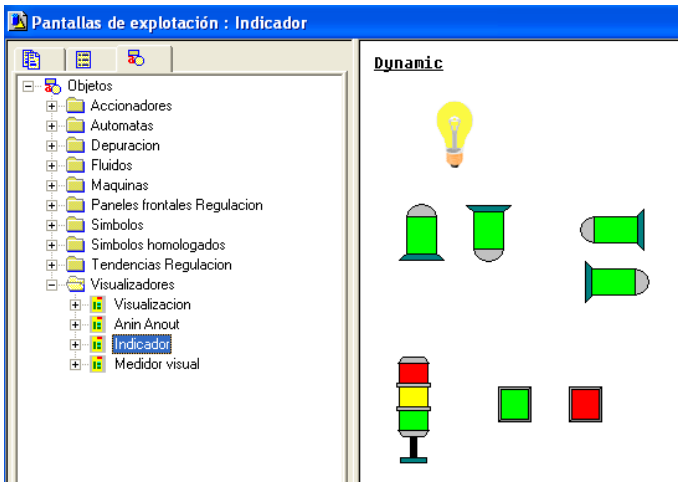


Figura A.7. Búsqueda de visualizadores en las librerías del programa

Una vez tengáis la pantalla creada con todas las variables enlazadas ya podéis aplicarlo con la maqueta en funcionamiento. Conectad la maqueta al autómata, descargad el programa en el mismo y verificad el correcto funcionamiento de todas las funciones programadas.

Repetid los mismos pasos con el programa en grafcet que utiliza la mejora del sensor óptico de barrera.

A.2.Práctica 2: puerta de establecimiento comercial en DC

1. Objetivos

El objetivo de esta práctica es que el estudiante practique la programación en diagrama de contactos de un automatismo con un modelo físico de una puerta de un establecimiento comercial. Al terminar la práctica, el estudiante tiene que ser capaz de:

1. Realizar una variante de un automatismo ya creado en diagrama de contactos
2. Controlar la maqueta mediante el programa creado

2. Preparación de la práctica

El programa a preparar es similar al de la puerta de garaje, pero con algunos cambios a incorporar. Al tratarse de una tienda o establecimiento comercial, se introducirán en la puerta

dos nuevas mejoras acordes con su aplicación. El funcionamiento del programa es el siguiente.

Cuando el usuario activa (tiene un contacto NO) el mando a distancia (%I1.1) se activa el motor que hace subir la puerta (%Q2.1). En ese momento el usuario tiene que dejar de pulsar el mando. El motor se detiene cuando el detector de fin de carrera superior (%I1.2) se activa (tiene un contacto NC).

Llegados a este punto, hay que introducir una pequeña modificación. Dado que ya no se trata de una puerta de un garaje, no tiene sentido volver a bajar la puerta automáticamente tras cuatro segundos de espera. En este caso, el sistema se mantendrá parado esperando que alguien vuelva a activarlo con el mando. Entonces, la puerta descenderá hasta que se activa (tiene un contacto NC) el detector de fin de carrera inferior (%I1.3) y el sistema vuelve a su estado inicial.

A continuación se describen las mejoras a implantar en el programa:

Una **primera mejora** para un establecimiento comercial es que al abrir la puerta se enciendan automáticamente las luces del interior del local (%Q2.4) y al cerrarla se desactiven. Además dentro del local se dispone de un interruptor (%I1.5) para poder encender y apagar estas luces cuando la puerta está cerrada. Este interruptor no funciona cuando la puerta esté en movimiento o abierta, ya que en ese caso las luces siempre estarán encendidas.

La **segunda mejora** introduce la posibilidad por parte del usuario de poder detener la puerta a la altura que desee (puerta ajustable). La puerta se puede parar, tanto si está bajando como subiendo, pulsando el mando a distancia (%I1.1) durante un segundo. Si se desea volver a poner en marcha hay que volver a pulsarlo también un segundo. La puerta una vez reanude su movimiento lo hará descendiendo siempre. Será posible que durante su descenso pueda volver a pararse. Es recomendable usar temporizadores y un relé %Mi para recordar que se ha detenido la puerta de este modo.

3. Material que hay que llevar al laboratorio

Al laboratorio hay que llevar:

4. Guión de prácticas (individual)
5. Programas preparados (ved apartado “preparación de la práctica”)
6. Lápiz, goma de borrar y bolígrafo

4. Realización de la práctica

Introducid en el autómata el automatismo para la puerta del establecimiento comercial con las dos nuevas mejoras. Cuando estéis podéis avisar al profesor para que lo revise. Si el programa no funciona como se esperaba hay que modificarlo para que realice la función deseada.

Probad el programa con la maqueta de la puerta y mirad si funciona la mejora de puerta ajustable usando el mando a distancia. Podéis comprobar la función de la salida %Q2.4 encendiendo y apagando el led blanco con el interruptor interior de luces.

En esta práctica es conveniente poner los valores de los temporizadores y las salidas en la tabla de animación pero, además, podéis añadir todas las variables que consideréis oportunas.

A.3.Práctica 3: puerta de establecimiento comercial en grafcet

1. Objetivos

El objetivo de esta práctica es que el estudiante practique la programación en grafcet de un automatismo con un modelo físico de una puerta de un establecimiento comercial. Al terminar la práctica, el estudiante tiene que ser capaz de:

1. Realizar una variante de un automatismo ya creado en grafcet
2. Complementar con una ampliación el automatismo
3. Controlar la maqueta mediante el programa creado

2. Preparación de la práctica

Dado que el programa a preparar es similar al de la puerta de garaje, es recomendable partir del modelo que ya teníamos y realizar las modificaciones. Se partirá del programa con la mejora del detector óptico de barrera. Al tratarse de una tienda o establecimiento comercial, se introducirán en la puerta dos nuevas mejoras acordes con su aplicación. El funcionamiento del programa es el siguiente.

En el programa de la puerta de garaje cuando el usuario activa (tiene un contacto NO) el mando a distancia (%I1.1) se activa el motor que hace subir la puerta (%Q2.1). En ese momento el usuario tiene que dejar de pulsar el mando y prepararse para entrar en el garaje. El motor se detiene cuando el detector de fin de carrera superior (%I1.2) se activa (tiene un contacto NC).

Llegados a este punto, para convertirlo en un automatismo para una puerta de un establecimiento comercial, hay que introducir una pequeña modificación. Dado que ya no se trata de una puerta de un garaje, no tiene sentido volver a bajar la puerta automáticamente tras cuatro segundos de espera. En este caso, el sistema se mantendrá parado esperando que alguien vuelva a activarlo con el mando. Entonces, la puerta descenderá hasta que se activa (tiene un contacto NC) el detector de fin de carrera inferior (%I1.3) y el sistema vuelve a su estado inicial. Además, recordad que la práctica incluye un detector óptico de barrera (%I1.4) que detiene la puerta si hay algún obstáculo durante su descenso.

A continuación se describen las mejoras a implantar en el programa:

Una **primera mejora** para un establecimiento comercial es que al abrir la puerta se enciendan automáticamente las luces del interior del local (%Q2.4) y al cerrarla se desactiven. Además dentro del local se dispone de un interruptor (%I1.5) para poder encender y apagar estas luces cuando la puerta está cerrada. Este interruptor no funciona cuando la puerta esté en movimiento o abierta, ya que en ese caso las luces siempre estarán encendidas. Para esta opción es recomendable utilizar un grafcet auxiliar.

La **segunda mejora** introduce la posibilidad por parte del usuario de poder detener la puerta a la altura que desee (puerta ajustable). La puerta se puede parar, tanto si está bajando como subiendo, pulsando el mando a distancia (%I1.1) y si se desea volver a poner en marcha hay que pulsarlo de nuevo. La puerta una vez reanude su movimiento lo hará en el sentido

contrario, es decir que si en el momento del paro estaba subiendo, continuará su marcha bajando.

Ampliación

Una vez tengáis el programa con las dos mejoras incluidas, proceded a realizar las modificaciones oportunas para conseguir el siguiente resultado.

Cuando se active el final de carrera inferior de la puerta, pasarán cinco segundos antes de que la luz interior (%Q2.4) se apague definitivamente si es que el interruptor manual no está activado, dando así un margen de tiempo al usuario para que, si lo desea, encienda la luz mediante el interruptor manual (%I1.5). Si está activado, la luz continuará encendida.

3. Material que hay que llevar al laboratorio

Al laboratorio hay que llevar:

1. Guión de prácticas (individual)
2. Programas preparados (ved apartado “preparación de la práctica”)
3. Lápiz, goma de borrar y bolígrafo

4. Realización de la práctica

Introducid en el autómata el automatismo para la puerta del establecimiento comercial con las dos nuevas mejoras. Cuando estéis podéis avisar al profesor para que lo pruebe. Si el programa no funciona como se esperaba hay que modificarlo para que realice la función deseada.

Probad el programa con la maqueta de la puerta y mirad si funciona la mejora de puerta ajustable usando el mando a distancia. Podéis comprobar la función de la salida %Q2.4 encendiendo y apagando el led blanco con el interruptor interior de luces.

Una vez hayáis probado el programa sencillo, probadlo con la ampliación.

A.4.Práctica 4: puerta de establecimiento comercial con gráfico de explotación

1. Objetivos

El objetivo de esta práctica es que el estudiante amplíe un automatismo ya creado con gráficos de explotación y, paralelamente, pueda emplearlo en una maqueta. Al terminar la práctica, el estudiante tiene que ser capaz de:

1. Ampliar un automatismo ya creado con gráficos de explotación
2. Controlar la maqueta mediante el programa creado

2. Preparación de la práctica

Recuperad el programa con el grafcet que realiza el automatismo para una puerta de establecimiento comercial (con o sin la temporización del apagado de la luz interior). Recordemos que la secuencia es la siguiente.

Cuando el usuario activa (tiene un contacto NO) el mando a distancia (%I1.1) se activa el motor que hace subir la puerta (%Q2.1.). El motor se detiene cuando el detector de fin de carrera superior (%I1.2) se activa (tiene un contacto NC). En este momento, el sistema se mantendrá parado esperando que alguien vuelva a activarlo con el mando. Entonces, la puerta descenderá hasta que se activa (tiene un contacto NC) el detector de fin de carrera inferior (%I1.3) y el sistema vuelve a su estado inicial.

Al abrir la puerta se encienden automáticamente las luces del interior del local (%Q2.4) y al cerrarla se desactivan. Además dentro del local se dispone de un interruptor (%I1.5) para poder encender y apagar estas luces cuando la puerta está cerrada. Este interruptor no funciona cuando la puerta esté en movimiento o abierta, ya que en ese caso las luces siempre estarán encendidas.

Además, existe la posibilidad por parte del usuario de poder detener la puerta a la altura que desee (puerta ajustable). La puerta se puede parar, tanto si está bajando como subiendo, pulsando el mando a distancia (%I1.1) y si se desea volver a poner en marcha hay que

pulsarlo de nuevo. La puerta una vez reanude su movimiento lo hará en el sentido contrario, es decir que si en el momento del paro estaba subiendo, continuará su marcha bajando.

Dado que este programa en grafcet se enlazará con un gráfico de explotación, hay que preparar el programa en este sentido. El programa estará formado por partes estáticas y dinámicas. Como ya se utilizó en la práctica de la *Puerta de garaje con gráfico de explotación*, aquí también tendremos la fachada como parte estática y el rectángulo negro como dinámica. En este caso, además, hay que preparar el post del grafcet para que en el grafismo se pueda visualizar el movimiento de la puerta que incluye la opción de altura ajustable.

Figura A.8. Imagen de la fachada con el rectángulo superpuesto

Dado que ahora existen varias etapas en las cuales la puerta está subiendo o bajando habrá que, cuando estén activas, ir memorizando en variables %MW. Esto es debido a que hay que almacenar el valor del tiempo transcurrido en estas etapas para poder utilizarlo en el futuro. Con el siguiente ejemplo se ilustra el procedimiento a seguir.

-En la etapa 1 está subiendo la puerta. Almaceno %X1.T en la variable %MW1 que moverá el rectángulo.

-En la etapa 2 la puerta sigue subiendo. Almaceno %X2.T en la variable %MW1 que moverá la el rectángulo. Pero **¡CUIDADO!** ahora también necesito saber a qué altura se quedó la puerta en la etapa 1 para poder continuar subiendo en ese punto. Para ello al acabar la etapa 1 debí almacenar el valor transcurrido %X1.T en una variable %MW para poder sumarla ahora a %X2.T y almacenar la suma en %MW1. Evidentemente, cómo %MW1 es la variable que siempre moverá el rectángulo, necesito otra %MW diferente.

Cómo se puede observar, con este método necesito varias variables %MW de carácter específico para cada etapa y una %MW global que va moviendo el rectángulo.

3. Material que hay que llevar al laboratorio

Al laboratorio hay que llevar:

1. Guión de prácticas (individual)
2. Programas preparados (ved apartado “preparación de la práctica”)
3. Lápiz, goma de borrar y bolígrafo

4. Realización de la práctica

Descargad el archivo con imágenes que podéis encontrar en el campus digital. Este archivo contiene tres imágenes BMP: la fachada dónde se encuentra la tienda, el interior de la tienda iluminada y el interior de la tienda no iluminada.

Comenzad introduciendo en PL7 Pro el programa que habéis preparado con antelación de la puerta de establecimiento comercial. Hecho esto, en el navegador de la aplicación, seleccionando con el botón derecho *Pantallas de explotación* acceded el editor de pantallas y cread una nueva. En esta se visualizará la fachada con la puerta en movimiento. Cread el rectángulo y animadlo tal y cómo se explicó en la práctica de la *Puerta de garaje con gráfico de explotación*.

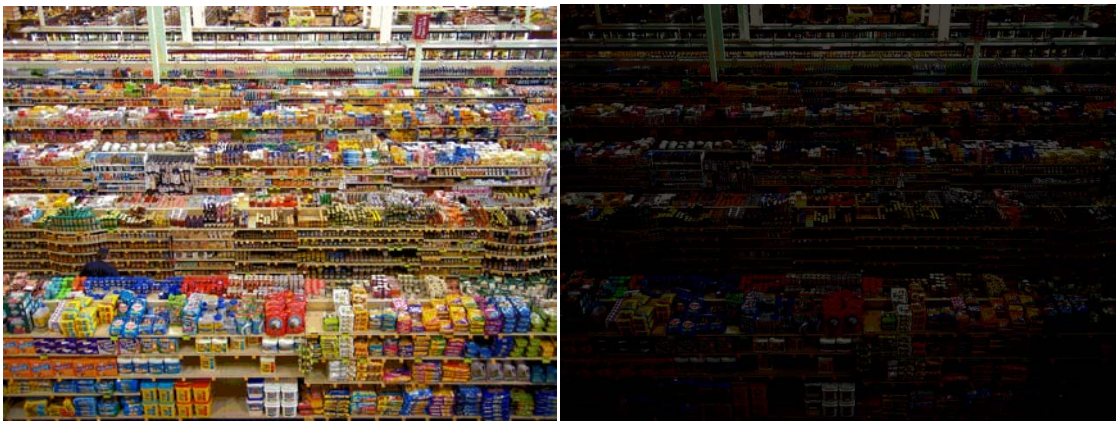


Figura A.9. Imágenes del interior de la tienda con y sin luz encendida [Super 202[2]]

Por otro lado, para simular la luz interior, debéis crear una nueva pantalla dónde importaréis las dos imágenes de la tienda, iluminada y a oscuras. A cada imagen asignadle el bit de la salida de que indica luces encendidas en el interior (%Q2.4) indicando en *Condiciones de visualización* que la imagen de la tienda iluminada aparecerá cuando este bit esté activado y la imagen de la tienda no iluminada aparecerá cuando este bit esté desactivado. Superponed las imágenes una encima de otra y, de esta manera, cuando el programa esté en funcionamiento, se producirá el efecto visual de que el interior de la tienda se ilumina automáticamente al accionar el interruptor de las luces.

Una vez tengáis la pantalla creada con todas las variables enlazadas ya podéis aplicarlo con la maqueta en funcionamiento. Conectad la maqueta al autómata, descargad el programa en el mismo y verificad el correcto funcionamiento de todas las funciones programadas, tanto en la maqueta cómo en los gráficos de explotación creados. Si el programa no funciona como se esperaba hay que modificarlo para que realice la función deseada.

A.5.Práctica 5: puerta de aparcamiento público con gráfico de explotación

1. Objetivos

El objetivo de esta práctica es que el estudiante amplíe un automatismo con gráficos de explotación ya creado y, paralelamente, pueda emplearlo en una maqueta. Al terminar la práctica, el estudiante tiene que ser capaz de:

[2] http://super202.files.wordpress.com/2009/11/supermercado.jpg

1. Ampliar con gráficos de explotación un automatismo ya creado
2. Controlar la maqueta mediante el programa creado

2. Preparación de la práctica

Dado que el programa a preparar es similar al de la puerta de garaje, es recomendable partir del modelo que ya teníamos y realizar las modificaciones. Se partirá del programa con la mejora del detector óptico de barrera. Al tratarse de un aparcamiento público, se introducirán en la puerta tres nuevas mejoras acordes con su aplicación.

La primera mejora para el aparcamiento es el parpadeo (con periodo de un segundo) de la señal verde luminosa (%Q2.3) que indica que la puerta está en movimiento. Para lograr este fin existen distintas opciones, entre las cuales están:

- Grafcet auxiliar.

  Con un grafcet auxiliar de dos etapas que se activen cada una cada cierto tiempo (en la figura cada 500 ms) e incluyendo una de estas etapas intermitentes en la condición para activar una salida, convertimos esta misma salida también en intermitente.

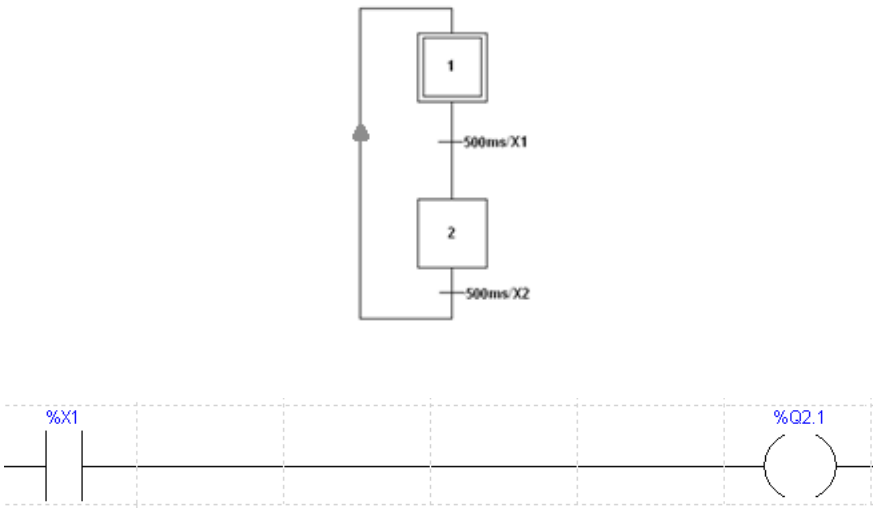


Figura A.10. Programación de intermitencia con grafcet auxiliar

- Bit sistema.

  Los bits sistema %S4, %S5, %S6 y %S7 están regulados por un reloj interno con periodos de 10 ms, 100 ms, 1 s y 1 min, respectivamente. Es decir que estos bits pueden utilizarse para activar y desactivar salidas incluyéndolos en las condiciones de la sección POST del programa. Por ejemplo, en el siguiente ejemplo %Q2.1 parpadearía con un periodo de 1 s.

Figura A.11. Programación de intermitencia con el bit del sistema %S6

La segunda mejora es la incorporación de una señal luminosa roja (%Q2.5) que se activa cuando todas las plazas del aparcamiento están ocupadas. Las plazas libres que quedan en el interior del aparcamiento están representadas por %I1.6, %I1.7 y %I1.8, que al activarse simbolizan “plaza ocupada” y al desactivarse “plaza libre”. Para ello es recomendable utilizar tres grafcets auxiliares independientes para activar cada una de las tres entradas.

La tercera mejora es la creación de una serie de gráficos de explotación que muestren el movimiento de la puerta, el interior del aparcamiento con las plazas disponibles, el número de plazas libres y el importe a pagar por el tiempo de permanencia del coche.

Para conseguir implementar esta mejora con gráficos de explotación, hay que preparar el programa para enlazarlo con estos. El programa estará formado por partes estáticas y dinámicas. Como ya se utilizó en la práctica de la *Puerta de garaje con gráfico de explotación*, aquí también tendremos la fachada como parte estática y el rectángulo negro como dinámica. Dado que la puerta incluye el sensor óptico de barrera, hay que determinar las variables %MWi tal y como se hicieron en la mencionada práctica. En esta práctica además de esta pantalla, se incluirán otras tres, y para cada una hay que realizar en el programa las ampliaciones necesarias, descritas a continuación.

- Bienvenida con plazas disponibles

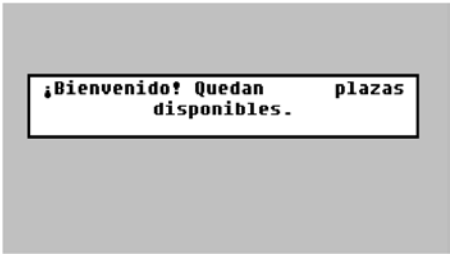


Figura A.12. Pantalla de bienvenida

En esta pantalla, en el hueco que hay en la frase se indicará mediante un campo numérico, el número de plazas libres. Para ello, este campo tiene que enlazarse con una variable del programa que le de este valor. Para obtener esta variable es recomendable utilizar un contador en la sección POST del programa y utilizar su valor %Ci.V para enlazarlo con este gráfico.

Vinculando las etapas *%Xi* (correspondientes a la ocupación de las plazas del aparcamiento) a CU o CD, se incrementará o decrementará, respectivamente, en una unidad el valor del contador. Dado que, en este caso, las tres entradas pueden coincidir activas en el tiempo esto puede provocar un error en el contaje. Es decir, si una de las tres entradas se activa pero antes ya había otra activada no se aumentará/disminuirá el valor del contador, ya que CU o CD están activas por otra entrada.

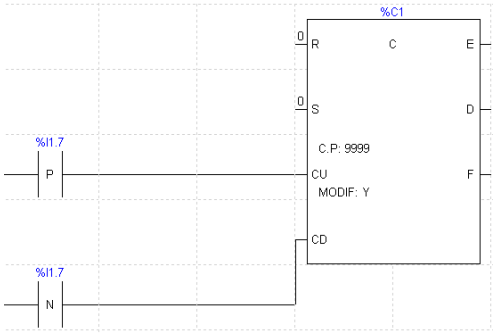


Figura A.13. Configuración del contador de plazas disponibles

Para ello hay que sustituir los contactos de apertura comunes por flancos. En el menú de herramientas inferior de la ventana podéis encontrar la opción Flanco ascendente (o pulsando F4) en CU para incrementar el contador o Flanco descendente (o pulsando F5) en CD para decrementarlo (tal y como se puede observar en la figura anterior).

Obsérvese que se utilizan entradas %I1.i en lugar de etapas %Xi cómo se debería hacer si estamos tratando un grafcet. Esto es debido a que es teóricamente incorrecto que una etapa se active por flancos, y PL7 Pro lo prohíbe. No ocurre así con las entradas.

- Despedida con importe a pagar

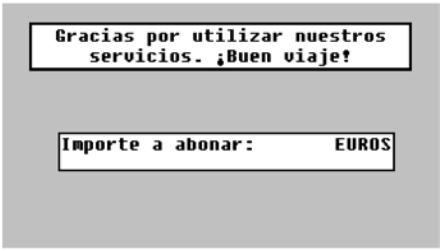


Figura A.14. Pantalla de despedida

En esta pantalla, tras "Importe a abonar:" se introducirá un campo numérico, el número del importe a pagar según el tiempo de estancia del vehículo en el aparcamiento. Para ello, este campo tiene que enlazarse con una variable del programa que le de este valor. Esta variable deberá ser una variable real, es decir con decimales. A continuación se explica el procedimiento a seguir para conseguir tener el programa preparado para enlazarlo con la pantalla.

Por ejemplo, la etapa %X8 es la etapa de activación de la plaza correspondiente a la entrada %I1.8. Una vez se activa significa que esa plaza ha sido ocupada por un vehículo y, por tanto, es el momento de ir almacenando el valor del tiempo transcurrido en la variable entera %MW1, así cuando se desaloje la plaza tendremos el valor del tiempo que ha estado el vehículo ocupándola.

Figura A.15. Programación del tiempo transcurrido en cada plaza

Hecho esto, cuando %X8 se desactive hay que crear una condición en la etapa siguiente, que contabilice el importe que hay que pagar. Dado que es un ejercicio didáctico, y no se pueden simular horas de almacenamiento de los vehículos, se ha establecido que por cada segundo se pagará 0,3 €. Para ello, habrá que convertir nuestro valor entero temporal %X8.T en real (función INT_TO_REAL) y realizar la operación correspondiente teniendo en cuenta que el resultado debe ser almacenado en una variable no entera, sino real, %MF. Recordad que en

PL7 la duración de las etapas de grafcet se contabiliza en décimas de segundo, por lo que habrá también que pasar el resultado a segundos para hacer la operación.

Figura A.16. Programación con conversión de valores enteros a reales

Como se puede observar, volvemos a utilizar flancos para simular la desocupación de las plazas del aparcamiento, que será el mismo momento en el que el contador disminuya su valor.

CUIDADO: bytes, palabras de simple y doble longitud y flotantes se almacenan en el espacio de datos en una misma área de memoria. De modo que hay solapamiento entre el flotante %MFk y las palabras de simple longitud %MWk y MWk+1.

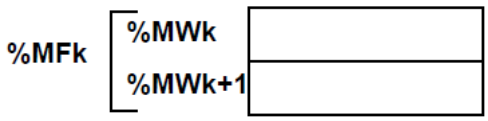


Figura A.17. Área de memoria ocupada por una palabra %MFk

Es por ello que hay que tener cuidado al elegir variables enteras y flotantes dónde almacenar nuestros valores, de manera que no coincidan.

Por ejemplo, %MF10 corresponde a %MW10 y %MW11.

- Interior del garaje

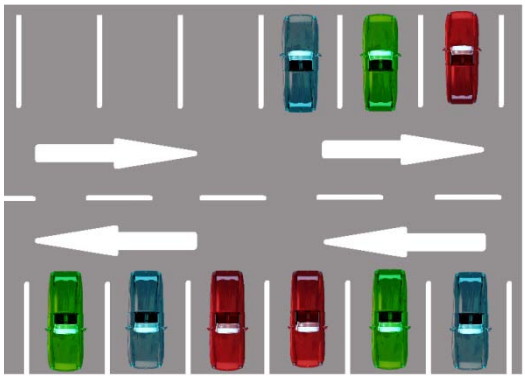


Figura A.18. Pantalla de visualización del aparcamiento

Para esta pantalla no hace falta todavía introducir ningún cambio en el programa a preparar.

3. Material que hay que llevar al laboratorio

Al laboratorio hay que llevar:

1. Guión de prácticas (individual)
2. Programas preparados (ved apartado “preparación de la práctica”)
3. Lápiz, goma de borrar y bolígrafo

4. Realización de la práctica

Descargad el archivo con imágenes que podéis encontrar en el campus digital. Este archivo contiene cinco imágenes BMP: la fachada dónde se encuentra la entrada del aparcamiento, el interior del aparcamiento, un coche rojo, un coche azul y un coche verde.

Comenzad introduciendo en PL7 Pro el programa que habéis preparado con antelación. Hecho esto, en el navegador de la aplicación, seleccionando con el botón derecho *Pantallas de explotación* acceded el editor de pantallas y cread una nueva llamada Puerta.

Pantalla de la puerta del aparcamiento

Figura A.19. Imagen de la fachada del aparcamiento con las luces roja y verde

En esta pantalla se visualizará la fachada con la puerta en movimiento. Cread el rectángulo y animadlo tal y cómo se explicó en la práctica de la *Puerta de garaje con gráfico de explotación*.

Por otro lado, para simular las luces verde y roja, pegad dos indicadores de la carpeta Visualizadores (pestaña Objetos). Asignar a cada luz su bit correspondiente en *Condiciones de visualización*, de manera que cuando se activen (bit = 1) se enciendan.

Pantalla del interior del aparcamiento

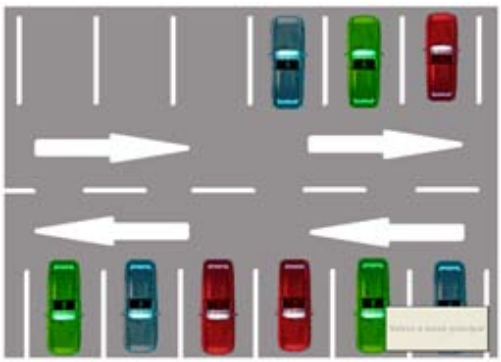


Figura A.20. Pantalla del interior del aparcamiento con botón incorporado

A continuación, cread una nueva pantalla que se llame “Visualizar plazas” (más tarde veréis el porqué del nombre) e importad la imagen del interior del aparcamiento. Cómo podéis ver, hay tres aparcamientos vacíos. En ellos hay que situar las imágenes BMP de los coches rojo, azul y verde que hay en el archivo del campus digital. Una vez situados en cada aparcamiento, asignadles las entradas%I1.6, %I1.7 y %I1.8 con visualización cuando el bit es igual a 1. De este modo, al activar estas entradas los coches irán apareciendo en pantalla simulando que se han ocupado las plazas correspondientes.

Finalmente con el botón derecho del ratón sobre el entorno de trabajo seleccionad Navegación pantalla y el cursor os permitirá seleccionar la extensión del botón a crear. Este botón os permitirá dirigiros a otra pantalla, en este caso crearemos un botón para volver al menú principal dónde se visualizarán las plazas libres. Para ello, en Propiedades del botón, en la pestaña Nav. Pantalla indicad en Valor el número de la pantalla a la que queréis acceder cuando se pulse. El número corresponde al orden en que se listan las pantallas en el navegador de la izquierda.

Pantalla de las plazas disponibles

Figura A.21. Pantalla de bienvenida con botón incorporado

Cread una nueva pantalla. La podéis llamar “Volver al menú principal”. Esta vez tendréis que crearla desde cero con las herramientas que proporciona PL7 Pro.

Para empezar crear un rectángulo de color gris.

A continuación, haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre el entorno de trabajo activad la opción texto. Con el cursor seleccionar el tamaño del cuadro de texto que queráis crear. Una vez creado el cuadro de texto haced clic con el botón derecho del ratón y dirigíos a Propiedades.

Figura A.22. Configuración de las propiedas del objeto Texto

En la pestaña Texto escribid el texto indicado, dejando un espacio para el número de plazas disponibles. Hecho esto cread otro cuadro de texto, esta vez más pequeño y situadlo en el hueco que habéis dejado del anterior recuadro.

Recordad que seleccionando un objeto del entorno de trabajo con el botón derecho y clicando sobre Primer plano o Segundo Plano, los objetos se desplazan hacia atrás o delante en nuestro eje de visión.

En las propiedades de este nuevo cuadro de texto asignadle la variable que indique el número de plazas libres y en la pestaña de Animación seleccionad Visualización: Decimal, ya que será un número lo que veremos. Para finalizar podéis incluir un botón para dirigiros a la pantalla del interior del aparcamiento. Como podéis ver, al llamarse aquella "Visualizar plazas", el botón muestra este texto, que al pulsarlo te redirige a la pantalla para visualizar el interior del aparcamiento.

Pantalla del importe a abonar

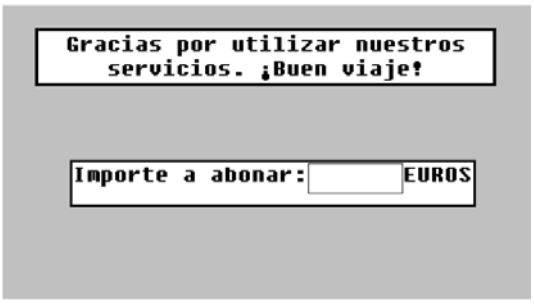


Figura A.23. Pantalla de despedida con campo numérico para el importe

Tal y como habéis hecho con la pantalla de las plazas disponibles, cread la pantalla del importe como se muestra en la figura. Notad que después de "Importe a abonar:" se ha creado un campo numérico con la variable del importe creada en la preparación de la práctica.

Una vez dispongáis de las pantallas con todas las variables enlazadas ya podéis aplicarlo con la maqueta en funcionamiento. Conectad la maqueta al autómata, descargad el programa en el mismo y verificad el correcto funcionamiento de todas las funciones programadas, tanto en la maqueta cómo en los gráficos de explotación creados. Si el programa no funciona como se esperaba hay que modificarlo para que realice la función deseada.

A.6.Práctica 6: puerta de aparcamiento con terminal de diálogo

1. Objetivos

El objetivo de esta práctica es que el estudiante programe un terminal de diálogo y supervisión e integre las funciones de supervisión correspondientes en un programa ya creado en una práctica anterior. Al terminar la práctica, el estudiante tiene que ser capaz de:

1. Entender y conocer las funciones básicas de supervisión
2. Programar funciones básicas de supervisión
3. Integrar sistemas de supervisión en sistemas automatizados
4. Controlar la maqueta mediante el programa creado

2. Preparación de la práctica

En primer lugar repasa la práctica de programación en grafcet de una puerta de aparcamiento público con gráfico de explotación.

En esta práctica se utilizará el programa creado en esa práctica, que incluye la posibilidad de contabilizar cuántas plazas hay libres, así como el importe a abonar al dejar el aparcamiento. Estas opciones se visualizaban en un gráfico de explotación en la anterior práctica. En este caso, dejaremos de utilizar los gráficos para utilizar un terminal externo de supervisión.

La primera función de supervisión que se implementará será la visualización en un terminal de diálogo de la intermitencia de la luz verde que indica que la puerta se está moviendo y la luz roja que indica que el aparcamiento está lleno.

La segunda función a implementar será la opción de abrir la puerta desde el terminal de diálogo. Así podemos hacer la función equivalente a la realizada con el mando a distancia %I1.1 desde el terminal.

Por último, también visualizaremos, en el terminal, las plazas disponibles y el importe a abonar.

Dado que para desarrollar la supervisión de la puerta de garaje se tiene que modificar tanto el programa del autómata como el del terminal de diálogo, la preparación de la práctica requiere preparar las dos cosas.

El terminal de diálogo sólo puede leer del autómata las palabras (%MWx o %MFx); las otras variables no le son accesibles. Las variables de comunicación entre el autómata y el terminal propuestas son las que se muestran en la *Tabla A.1* y *Tabla A.2*.

Datos leídos por el terminal de supervisión		
Variable	Bit	Descripción
%MW0	0	Luz verde: puerta en movimiento
%MW0	1	Luz roja: todas las plazas ocupadas
%MW6		Nº plazas disponibles
%MF12		Importe a abonar

Tabla A.1.Datos leídos por el terminal Magelis

Datos escritos por el terminal de supervisión		
Variable	Bit	Descripción
%MW7	0	Mando a distancia

Tabla A.2. Datos escritos por el terminal Magelis

Por ejemplo, para escribir el bit 1 de la palabra 0 pondremos en el POST:

Figura A.24. Cambios en POST para utilizar la pantalla táctil

Por lo que respecta a la petición de apertura con el mando a distancia, hay que hacer que los bits que el terminal escribe y los pulsadores actúen indistintamente; por lo tanto habrá que poner sus contactos en paralelo para activar las transiciones correspondientes.

Figura A.25. Cambios en las transiciones para utilizar la pantalla táctil

3. Material que hay que llevar al laboratorio

Al laboratorio hay que llevar:

1. Guión de prácticas (individual)
2. Programas preparados (ved apartado “preparación de la práctica”)
3. Lápiz, goma de borrar y bolígrafo

4. Realización de la práctica

Es muy importante tener claro que se tiene que trabajar con dos equipos distintos: el autómata y el terminal de diálogo, que hacen funciones diferentes: control y supervisión, que se programan con diferentes software: PL7-Pro y XBT-L1000 y que no pueden estar conectados simultáneamente al ordenador. Por ello es muy recomendable hacer primero todos los cambios en el autómata y dejar el programa transferido y en *RUN* antes de cambiar de software. Disponéis de un conmutador para seleccionar cual de los dos elementos pantalla o autómata) está conectado al ordenador. Antes de poner el conmutador en la posición de pantalla, aseguraros que el autómata está desconectado (aunque, como ya hemos dicho, encendido y en *RUN*). Si el ordenador intenta leer el estado del autómata y el conmutador se cambia puede quedar el software bloqueado.

Modificaciones en el autómata con PL7-Pro

Haced las modificaciones en el programa del autómata siguiendo lo que se ha explicado anteriormente. Una vez hechos los cambios, transferid el programa al autómata y ponedlo en *RUN*; a continuación seleccionad Autómata – Desconectar dejando el autómata en *RUN*.

Programación del terminal de diálogo Magelis con XBT-L1000

Una vez hayáis preparado el programa del autómata pasaremos al programa del terminal de diálogo. Cread un nuevo programa y seleccionad el terminal de que disponéis (la información se encuentra detrás del terminal). A partir de aquí se pueden ir seleccionando objetos y se pueden animar. El dibujo se hace sobre una cuadrícula; el espaciado de esta cuadrícula se puede, si cabe, modificar en el punto *Visualización* del menú; un buen valor es 10 x 10. En el mismo menú podemos modificar las dimensiones de la representación (zoom) para hacerla más grande.

Dibujad dos círculos que simulen las señales luminosas verde y roja de la puerta. En el menú de la izquierda encontraréis todos los elementos que os hacen falta. Cada círculo tiene que tener definido el bit que lo controla y los dos colores que corresponden a los dos estados: apagado y encendido. Suponed que apagadas las señales luminosas, los dos círculos se muestran grises.

Indicad también con un campo de texto “Plazas disponibles:” y a la misma altura colocad un campo alfanumérico de lectura para visualizar el número de plazas libres. Realizad análogamente la indicación del importe a abonar.

Además, incluid una tecla de función para la indicación de apertura de la puerta, de manera que al pulsar la pantalla táctil en esta zona actúe como %I1.1. La pantalla os debería quedar similar a esta:

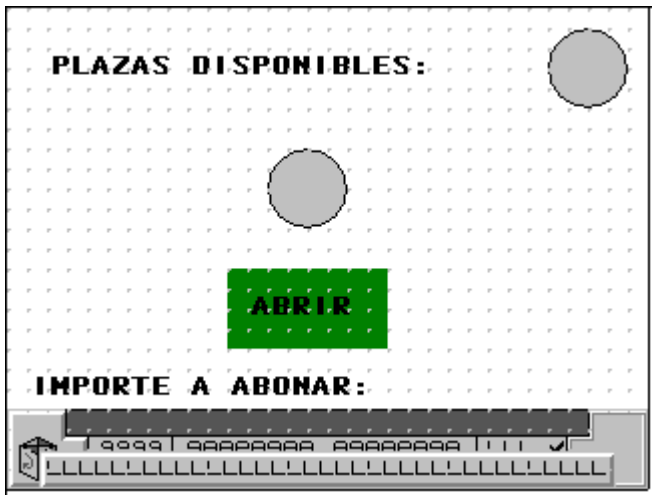


Figura A.26. Muestra de pantalla táctil final

Una vez hecho esto ya podéis transferir el programa al *Magelis* y comprobar que todo funciona correctamente. Podéis observar conectando la maqueta al autómata cómo a partir del terminal de diálogo es posible el control de ésta.

Si os queda tiempo, podéis mirar de modificar el programa para probar otras cosas que no os queden claras o que os llamen la atención. La definición y programación de alarmas o gráficas de tendencia son otras utilidades posibles que forman parte de un nivel más avanzado de gráficos de explotación.

B. SOLUCIONES DE LAS PRÁCTICAS

En este anexo se incluyen las soluciones de cada una de las seis prácticas, de modo que el profesor pueda orientar al alumno por el camino hasta llegar a éstas.

B.1.Práctica 1

B.1.1. Solución sin la mejora

El grafcet final tiene que ser como el de la Figura B.1.:

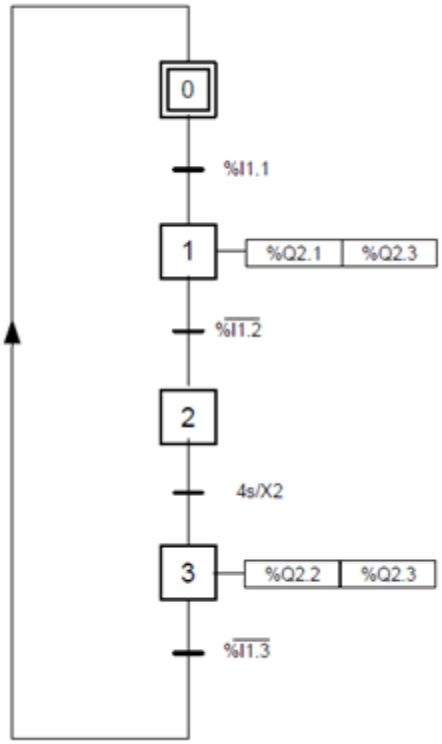


Figura B.1. Grafcet de la práctica 1

Además, en POST hay que añadir, como se puede ver en la Figura B.2., las asignaciones pertinentes de la variable %MW1 que moverá el rectángulo.

Figura B.2. Asignaciones de %MW1 en POST

B.1.2. Solución con la mejora

En la Figura B.3. se muestra el grafcet con la mejora añadida:

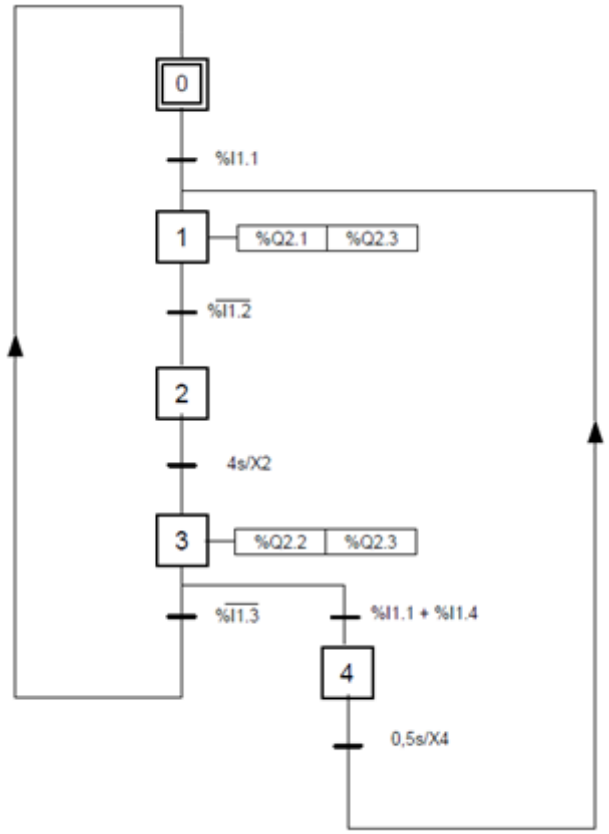


Figura B.3. Grafcet de la práctica 1 con la mejora añadida

Además, como se expone en la Figura B.4, hay que añadir varias modificaciones para conseguir que %MW1 i %MW2 almacenen los valores adecuados en cada momento:

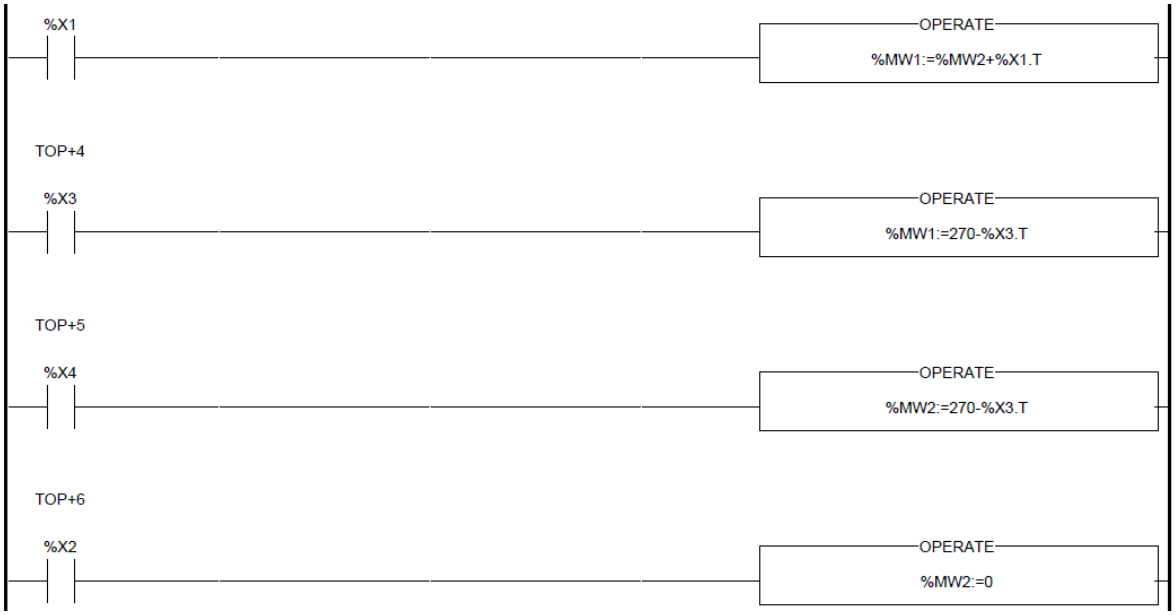


Figura B.4. Modificaciones del POST de la práctica 1

B.2.Práctica 2

En la Figura B.5 se muestra todo el programa que soluciona el enunciado de la Práctica 2.

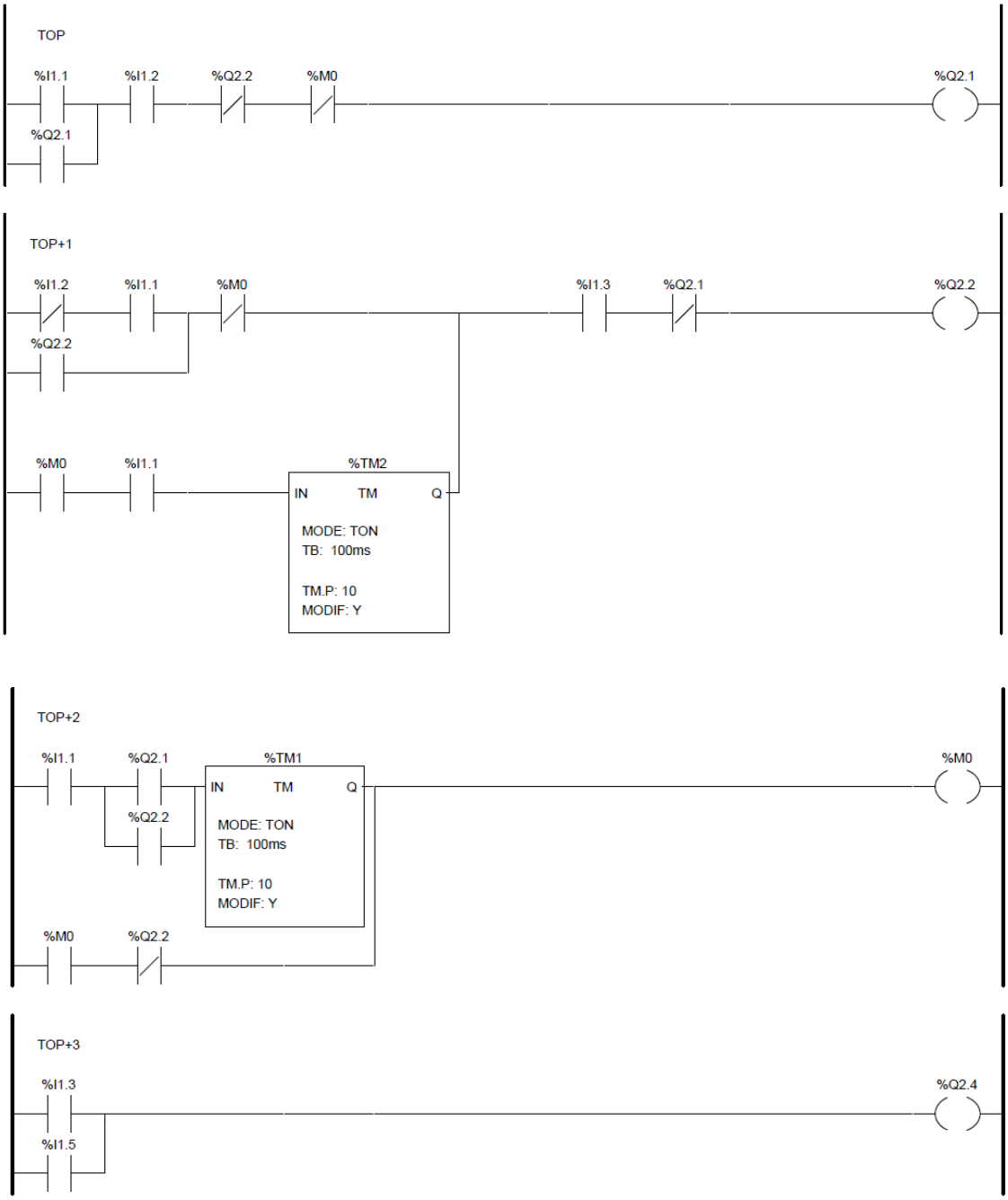


Figura B.5. POST de la práctica 2

B.3.Práctica 3

En la Figura B.6 se muestra el grafcet correspondiente:

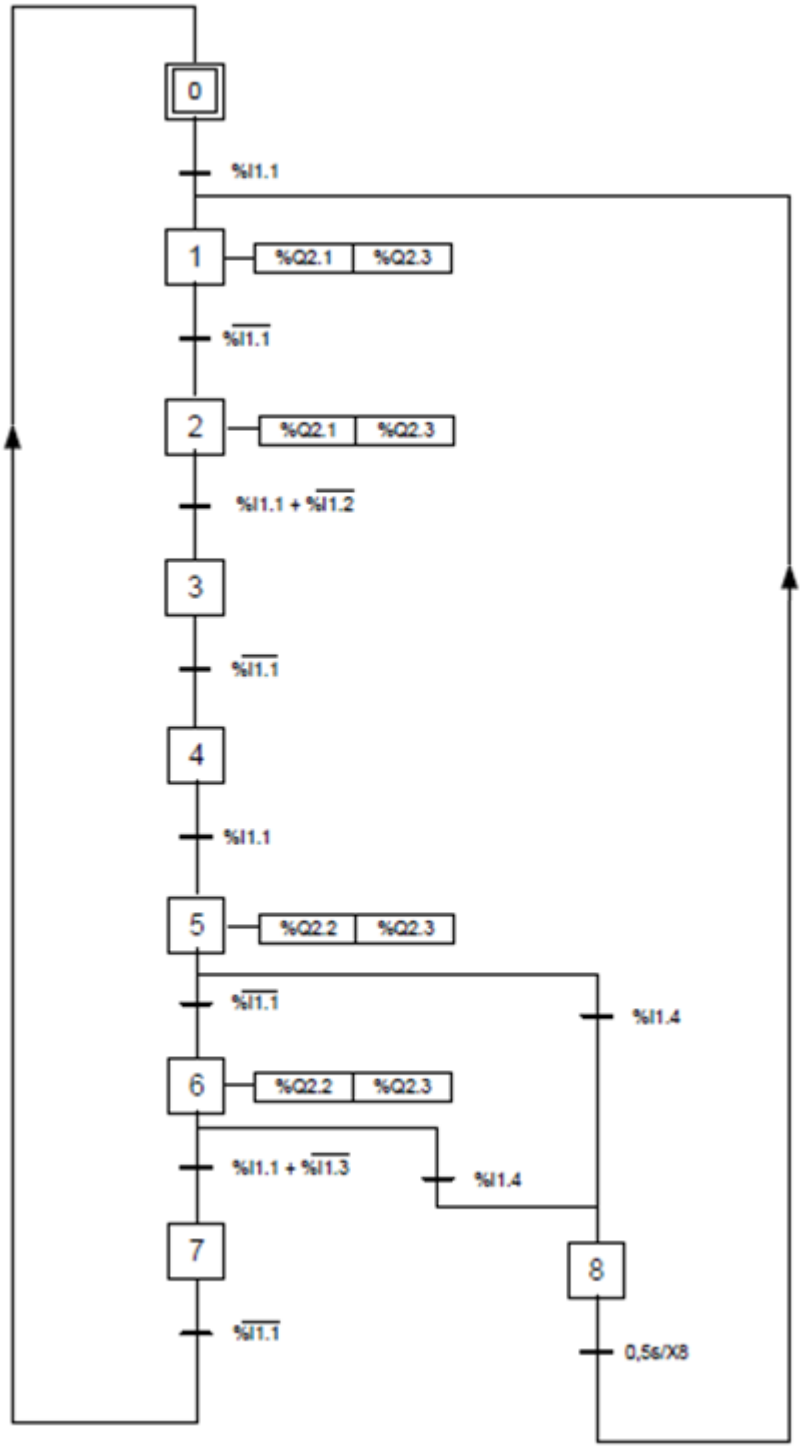


Figura B.6. Grafcet de la práctica 3

Y en la Figura B.7 se muestra el grafcet auxiliar para la luz interior:

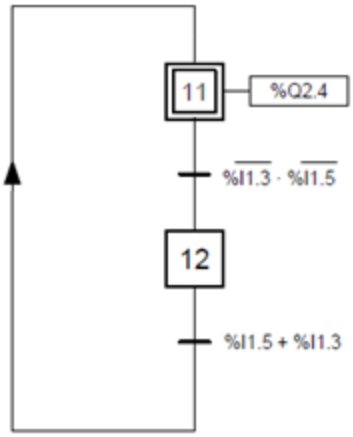


Figura B.7. Grafcet auxiliar de la práctica 3

Por otro lado, la modificación del grafcet auxiliar es la que se muestra en la Figura B.8:

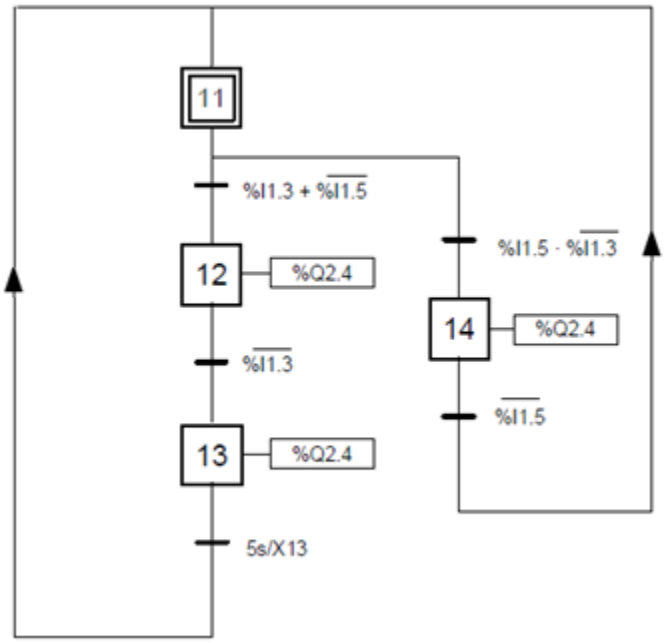


Figura B.8. Modificación del grafcet auxiliar

B.4.Práctica 4

El grafcet que soluciona este ejercicio es el mismo que el de la práctica anterior y únicamente hay que añadir los ajustes necesarios (Figura B.9) en el POST para que el rectángulo dinámico del gráfico de explotación varíe según la variable %MW1.

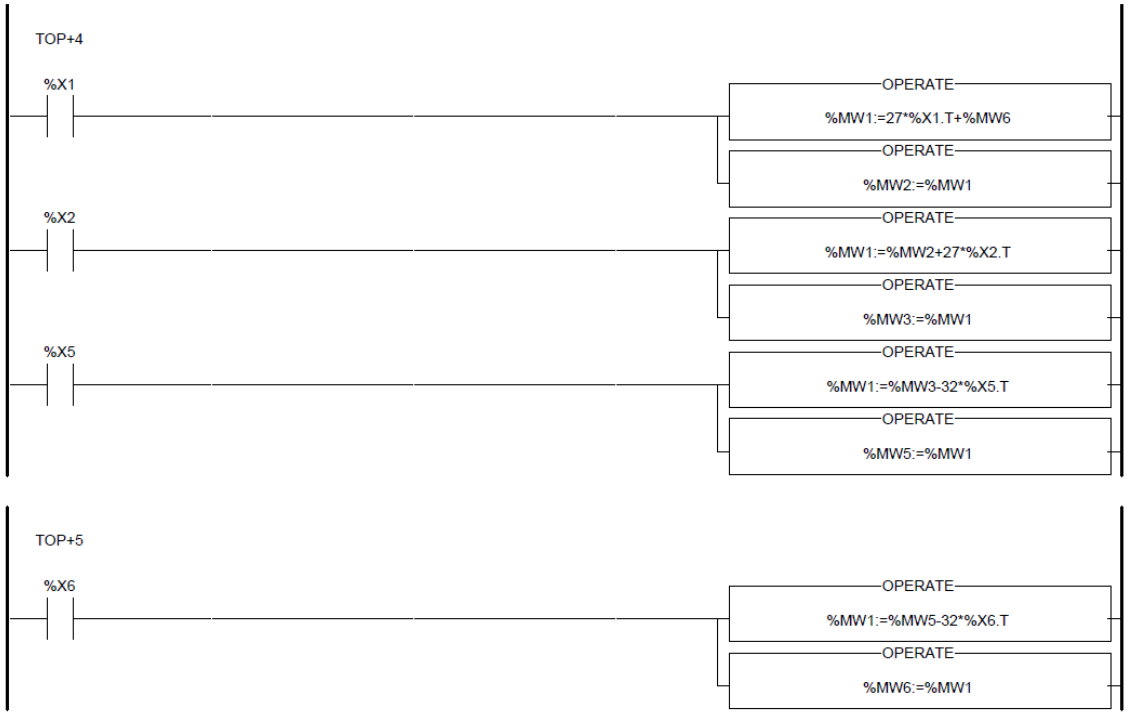


Figura B.9. Modificaciones del POST de la Práctica 4

Como se puede ver, se utilizan como constantes multiplicadoras 32 y 27. Éstas, como se explica en el enunciado de la práctica, representan los tiempos en décimas de segundo de subida y bajada de la puerta, respectivamente. Con ello se quiere ajustar el movimiento del rectángulo con exactitud a la realidad. Dado que la proporción entre la subida y la bajada es de un factor 32/27, la variable %MW1 que produce el movimiento del rectángulo tiene que incluir intrínsecamente este factor. Esto se consigue multiplicando por 27 los tiempos de subida (%X1.T y %X2.T) y 32 los tiempos de bajada (%X5.T y %X6.T).

B.5.Práctica 5

En esta práctica el grafcet principal queda como se puede observar en la Figura B.10.

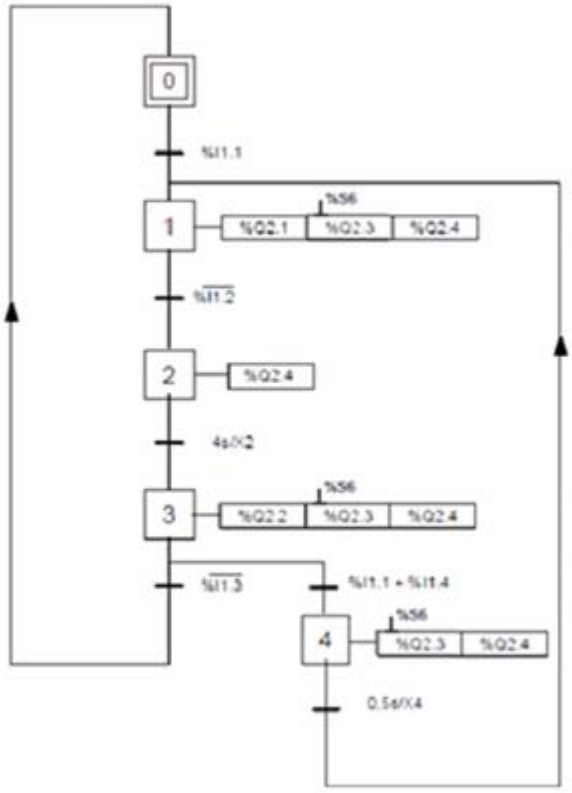


Figura B.10. Grafcet de la práctica 5

Por otro lado, en la Figura B.11 se pueden ver los tres grafcets auxiliares. En estos, ninguna de las etapas realiza acciones. Esto es debido a que, mediante la programación adecuada en POST la activación de una etapa distinta en cada grafcet (etapas 8, 10 y 12) serán las que provoquen una acción determinada (encendido de la luz roja de plazas ocupadas).

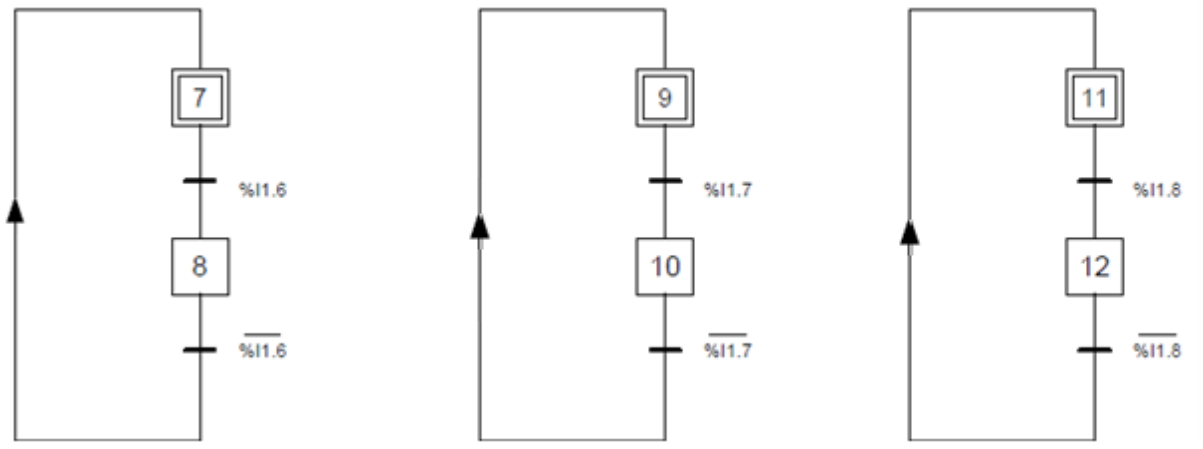


Figura B.11. Grafcets auxiliares de la práctica 5

El POST de este grafcet se muestra en la Figura B.12 y Figura B.13.

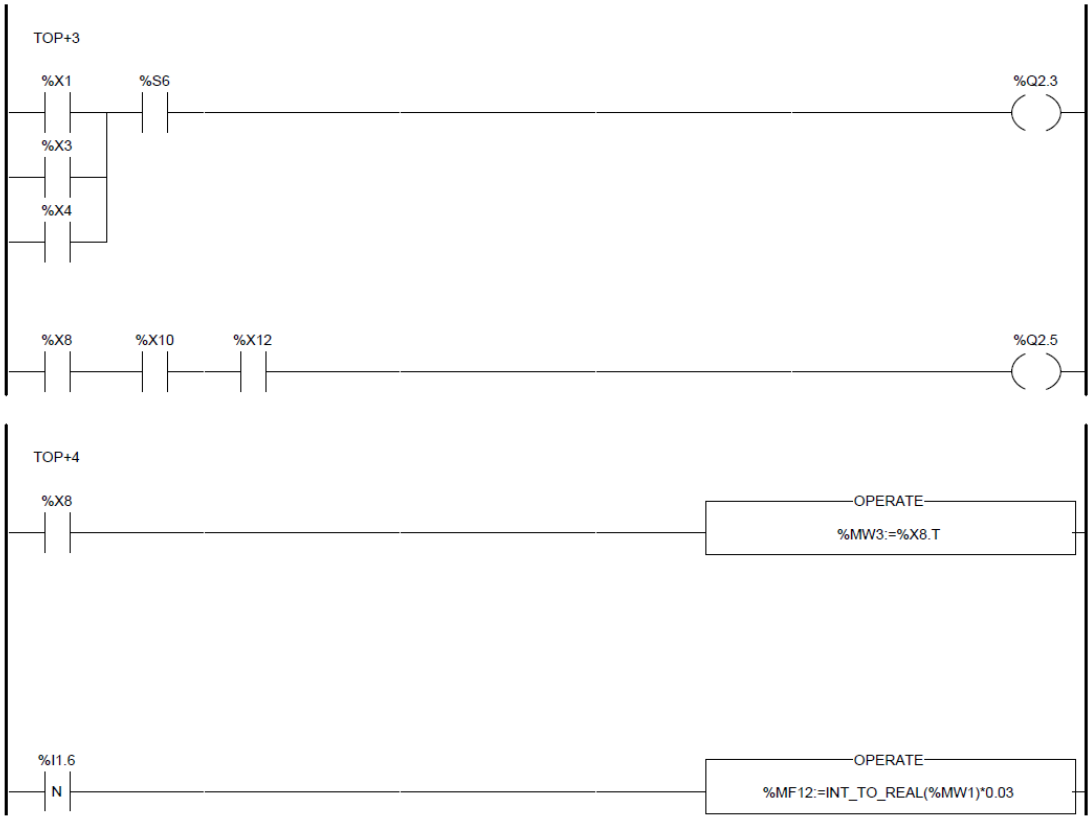


Figura B.12. Primera unidad del POST de la práctica 5

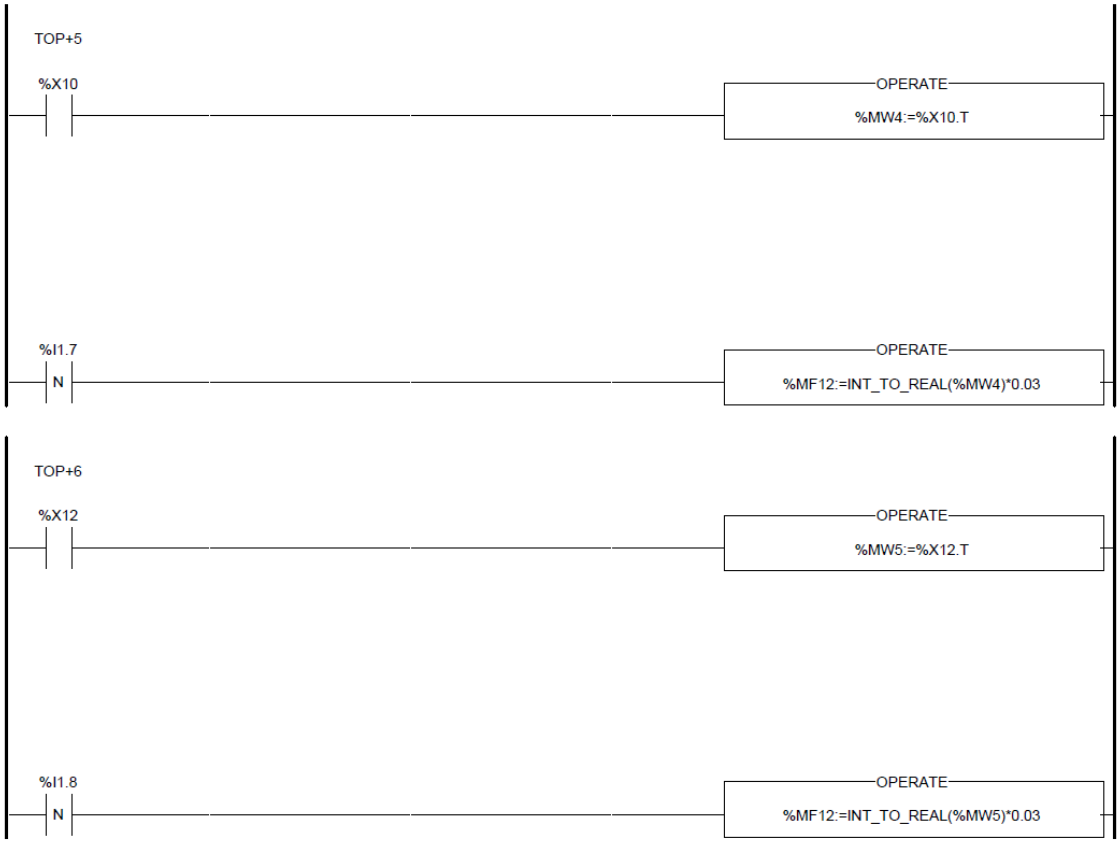


Figura B.13. Segunda unidad del POST de la práctica 5

Además, como se observa en la Figura B.14., hay que añadir el contador de plazas:

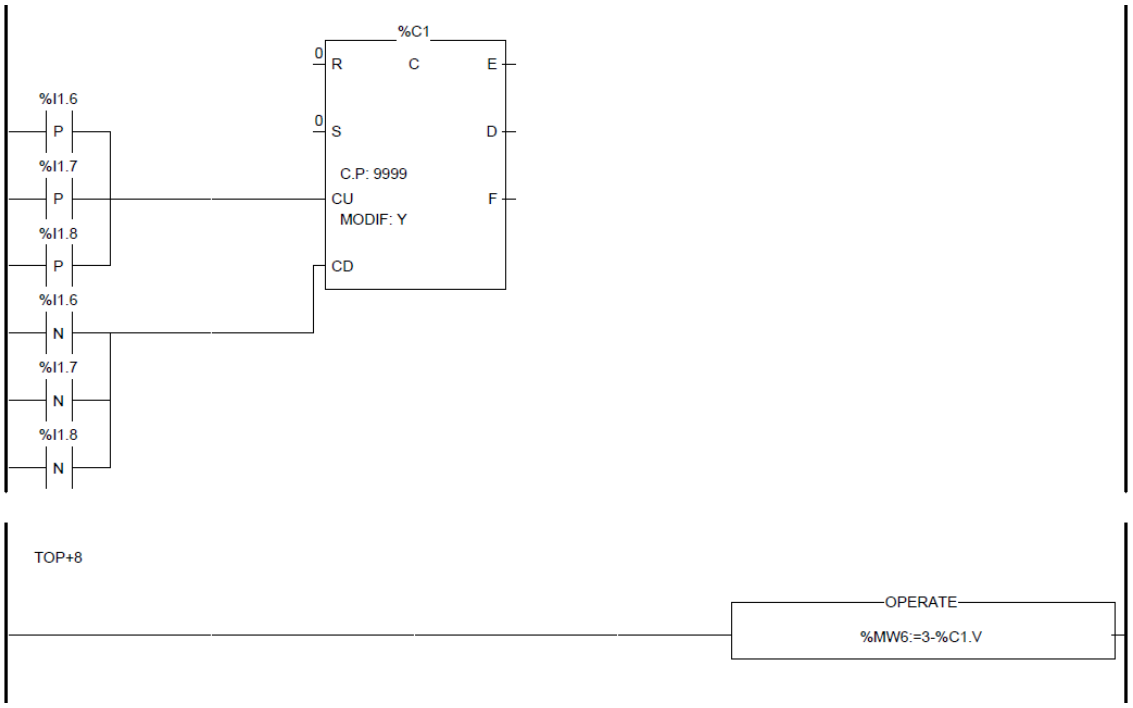


Figura B.14. Añadido de contador en el POST

Y las variable %MW1 que controla el movimiento del gráfico de explotación (Figura B.15).

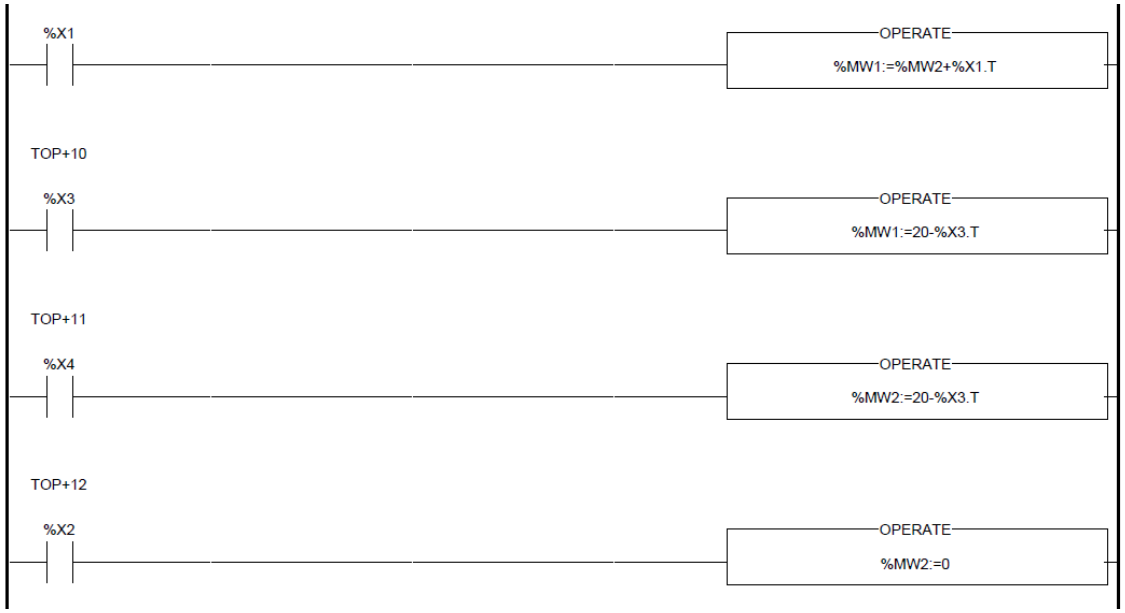


Figura B.15. Programación de la variable %MW1 en el POST

B.6.Práctica 6

El grafcet de esta práctica es el que se muestra en la Figura B.16:

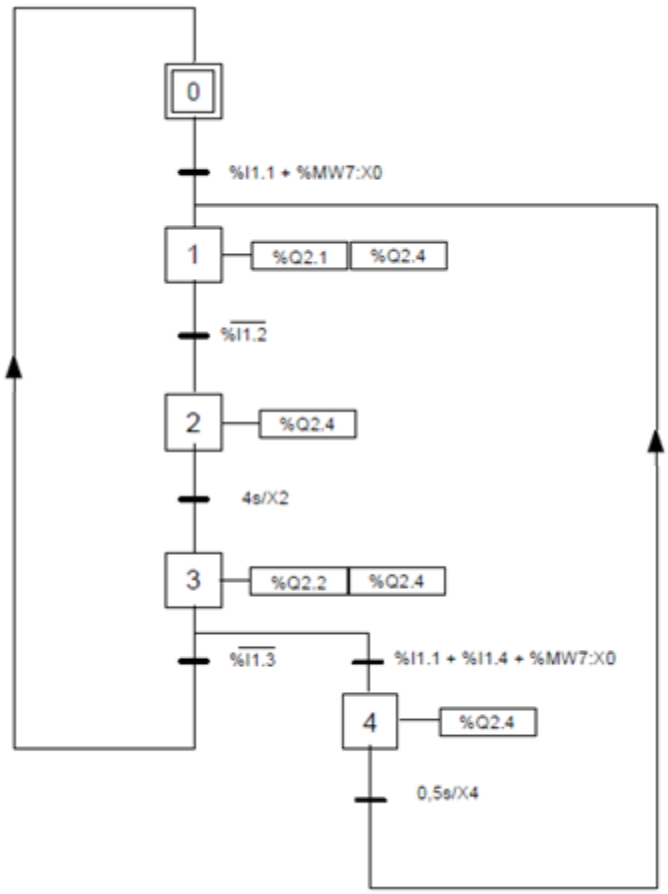


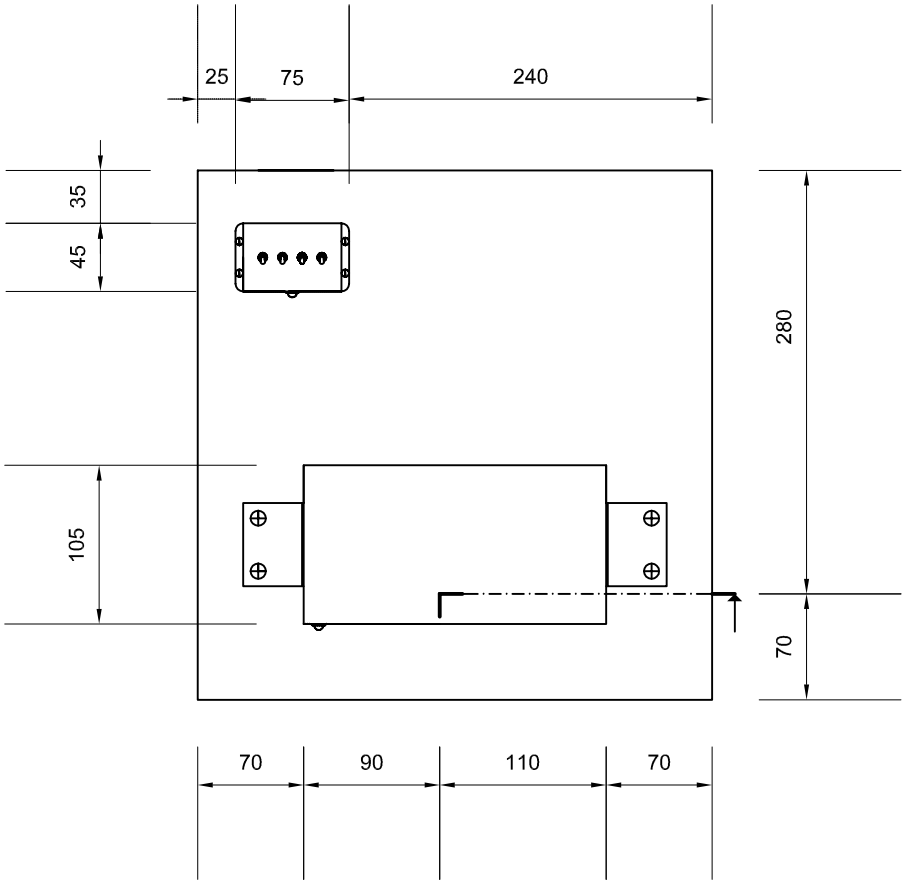
Figura B.16. Grafcet de la práctica 6

Cómo se puede ver se han añadido las ramas alternativas necesarias para que el automatismo funcione con el terminal de supervisión. En la Figura B.17. se muestran también las líneas que hay que añadir al POST del programa para que se visualice la activación las salidas %Q2.3 y %Q2.5 en el terminal.

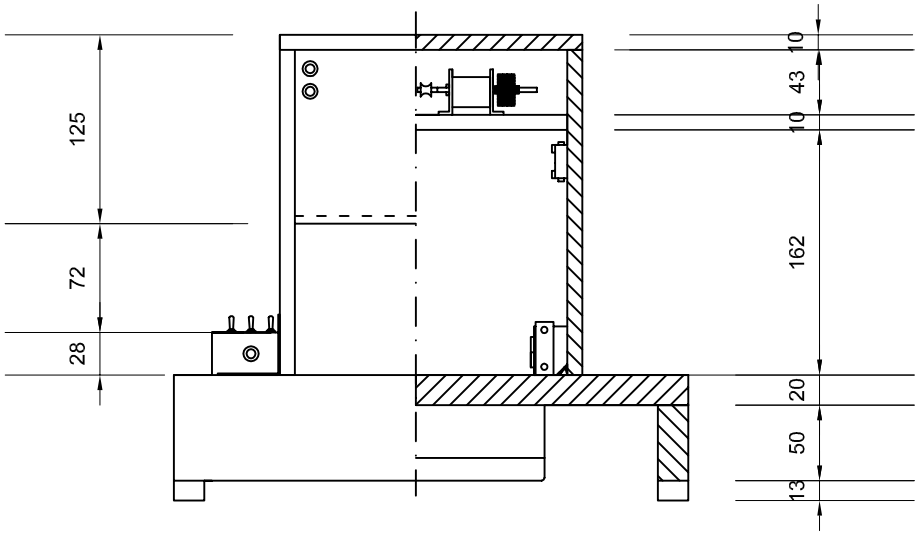
Figura B.17. Modificaciones del POST para migración al terminal de supervisión

C. PLANOS

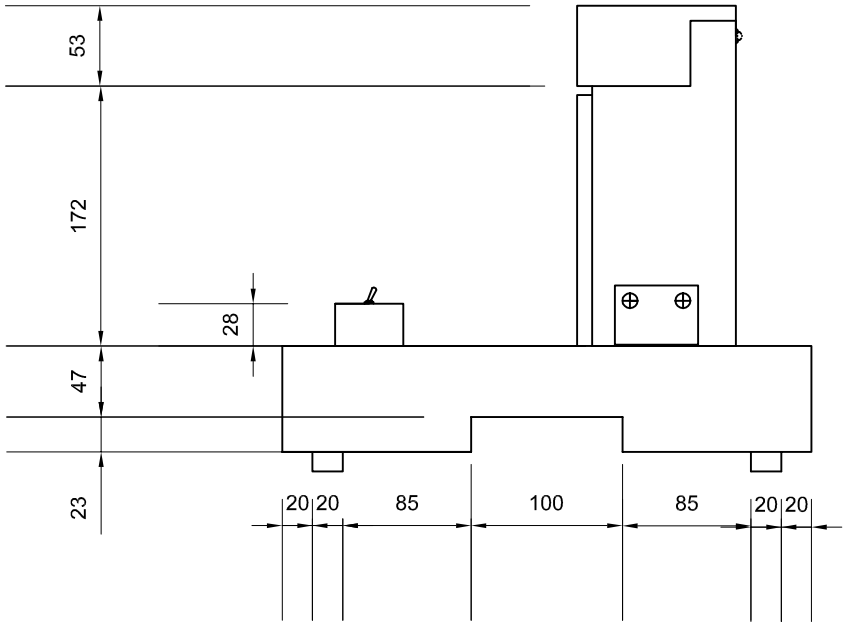
A continuación, en los tres siguientes apartados, se muestran los planos realizados que determinan las dimensiones de la maqueta de la puerta. Se han creado tres vistas (frontal, alzado y lateral izquierdo) con las acotaciones necesarias en milímetros para apreciar fácilmente las dimensiones del modelo, sirviendo más como un apoyo complementario al proyecto que como unos planos constructivos.



	FECHA	NOMBRE		
DIBUJADO:	JULIO 2011	J.SÁNCHEZ	JOSÉ SÁNCHEZ RAMÍREZ	ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA INDUSTRIAL DE BARCELONA
COMPROBADO:	DICIEMBRE 2011			
ESCALA: 1:5	ALZADO DE MAQUETA DE PUERTA DE GARAJE			PLANO 1/3
				INGENIERÍA INDUSTRIAL



	FECHA	NOMBRE	JOSÉ SÁNCHEZ RAMÍREZ	ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA INDUSTRIAL DE BARCELONA
DIBUJADO:	JULIO 2011	J.SÁNCHEZ		
COMPROBADO:	DICIEMBRE 2011			
ESCALA: 1:5	FRONTAL DE MAQUETA DE PUERTA DE GARAJE		PLANO 2/3	
			INGENIERÍA INDUSTRIAL	



	FECHA	NOMBRE		
DIBUJADO:	JULIO 2011	J.SÁNCHEZ	JOSÉ SÁNCHEZ RAMÍREZ	ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA INDUSTRIAL DE BARCELONA
COMPROBADO:	DICIEMBRE 2011			
ESCALA: 1:5	LATERAL IZQUIERDO DE MAQUETA DE PUERTA DE GARAJE		PLANO 3/3	INGENIERÍA INDUSTRIAL

D. MANUAL DE USUARIO

La lectura previa del siguiente manual es fundamental para la correcta utilización y mantenimiento de la maqueta de la puerta de garaje. Es indispensable cumplir todos los requisitos que en éste se recogen para conseguir los resultados deseados, así como realizar las tareas de mantenimiento y seguridad especificadas para garantizar una mayor durabilidad del producto.

El destinatario principal al que va dirigida la lectura de este manual es el usuario del aula de automatización, indicada especialmente al alumno o personal inexperto en el ámbito de la automatización. Por otro lado, las tareas de mantenimiento están dirigidas exclusivamente al encargado del laboratorio correspondiente.

D.1. Indicaciones de seguridad

Antes de realizar ninguna operación con la maqueta, es necesario, por seguridad hacer unas comprobaciones previas del dispositivo.

- Antes de conectar la maqueta al autómata, es recomendable que compruebe todas las conexiones. La maqueta dispone de las conexiones que se muestran en la *Figura D.1.*

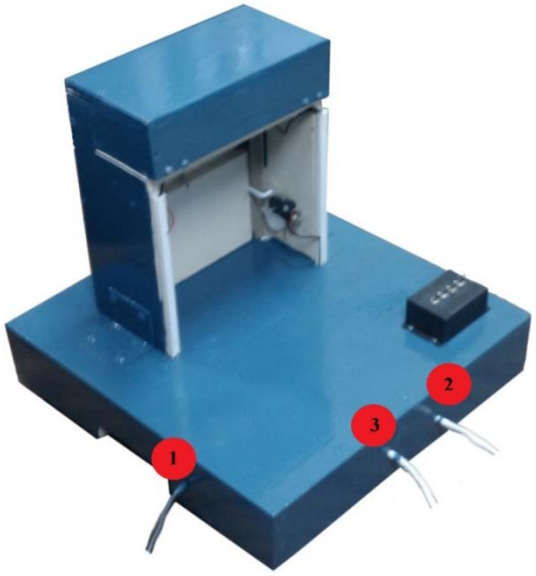


Figura D.1. Fotografía de la maqueta con las conexiones principales indicadas

1- Alimentación a la red (230 V)

2- Conexión de las entradas

3- Conexión de las salidas

- De las tres conexiones, solamente 2 y 3 deben estar debidamente establecidas. La alimentación a la red tiene que estar desconectada cuando la maqueta se conecta al autómata.

Para poder realizar e identificar las conexiones de los conectores de entradas y salidas fácilmente se utiliza la nomenclatura estándar (*Figura D.2)* utilizada en el Departamento para este tipo de conectores.

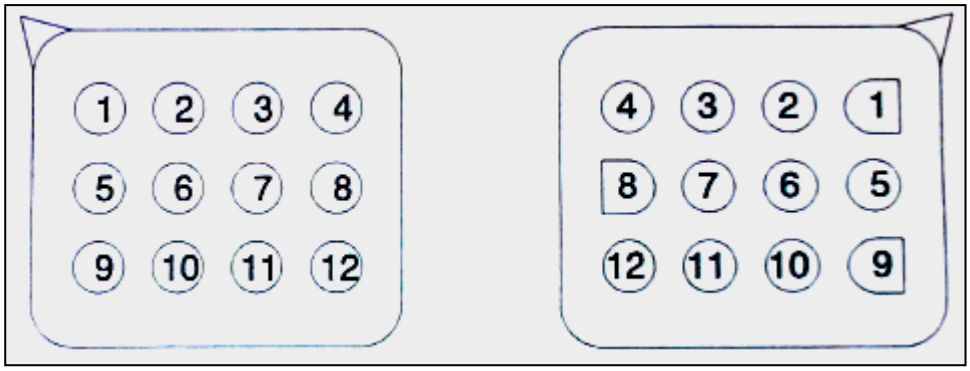


Figura D.2. Numeración de conectores. Izquierda: lado de los cables. Derecha: lado de las puntas.

Esta numeración está vinculada con la *Tabla D.1* y la *Tabla D.2* , relacionando el orificio del conector con la entrada binaria que corresponde en el autómata. Además, en las tablas se ha indicado debajo de la entrada binaria correspondiente, el color del cable y su uso.

Número pata	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Entrada	+	I1.0	I1.1	I1.2	I1.3	I1.4
Uso	Positivo	X	Mando	FCS	FCI	Sensor óptico
Color cable	Marrón	No conectado	Verde	Amarillo	Blanco amarillento	Rojo

Tabla D.1. Conexionado de las entradas para las patas 1, 2, 3, 4, 5 y 6

Número pata	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Entrada	I1.5	I1.6	I1.7	I1.8	I1.9	-
Uso	Int. luz	Plaza 1	Plaza 2	Plaza 3	X	Negativo
Color cable	Rosa	Lila	Blanco	Negro	No conectado	Transparente

Tabla D.2. Conexionado de las entradas para las patas 7, 8, 9, 10, 11 y 12

De igual modo se indica en la *Tabla D.3* y la *Tabla D.4*, para el conector de salidas, pero en este caso hay un común por cada cierto número de salidas, de modo que se han unido mediante cable negro siendo el original procedente de la maqueta de color transparente.

Número pata	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Salida	C0	0	C1	1	C23
Uso	X	X	Común	M. subida	Común
Color cable	No conectado	No conectado	Transparente	Blanco	Negro

Tabla D.3. Conexionado de las salidas para las patas 1, 2, 3, 4, 5 y 6

Número pata	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Salida	2	3	C47	4	5
Uso	M. bajada	Led verde	Común	Led blanco	Led rojo
Color cable	Azul	Negro	Negro	Rojo	Amarillo

Tabla D.4. Conexionado de las salidas para las patas 7, 8, 9, 10, 11 y 12

- Durante la utilización y el transporte de la maqueta hay que evitar los movimientos bruscos para impedir el deterioro de sus componentes.

- Es obligatorio que se sitúe la maqueta sobre una superficie plana durante su utilización y evitar que se mueva durante toda su actividad. Del mismo modo es altamente recomendable mantener el cubículo dónde se haya el motor cerrado en todo momento, evitando así su desgaste y la entrada de polvo. Además, la maqueta se debe mantener alejada de líquidos y lugares húmedos.

D.2. Condiciones previas

Además de las comprobaciones por seguridad, es tener en cuenta otros aspectos.

- Especificaciones de la maqueta
  Peso: 6 kg.
  Tensión de alimentación: 230 V (corriente alterna).
  Altura: 308 mm
  Anchura: 340 mm
  Profundidad: 350 mm
  Alimentación de entradas y salidas del autómata: 24 V.

- Hay que tener en cuenta que la maqueta ha sido diseñada para utilizarse con autómatas con entradas a 24 V de lógica positiva (es decir, entradas para sensores PNP) y salidas a 24 V de corriente continua; como es el caso de los autómatas Schneider del laboratorio. Esta información es capital para utilizar la maqueta en otros autómatas que no sean estos, ya que el tipo de entradas y salidas es distinto se corre el riesgo de averiar el autómata o la maqueta. Para probar la maqueta con el programa del automatismo sencillo que se facilita con el manual es necesario emplear el software requerido, en este caso PL7 Pro.

- Antes de ser utilizada, no está de más comprobar, además de las conexiones, que toda la maqueta y sus componentes se encuentran en buen estado y en la disposición adecuada para empezar las prácticas. Por ejemplo, es conveniente revisar la posición

en la que se encuentran los interruptores y finales de carrera para que una vez se descargue el programa se encuentren todas las entradas con el valor adecuado.

D.3. Instalación y uso

Una vez la maqueta se encuentre conectada al autómata y alimentada a 230 V, puede procederse a su uso. Como se puede ver en la *Figura D.3*, la maqueta dispone de diferentes actuadores sobre los cuales el usuario puede activar o desactivar las entradas, que mediante el programa actúan sobre las salidas.

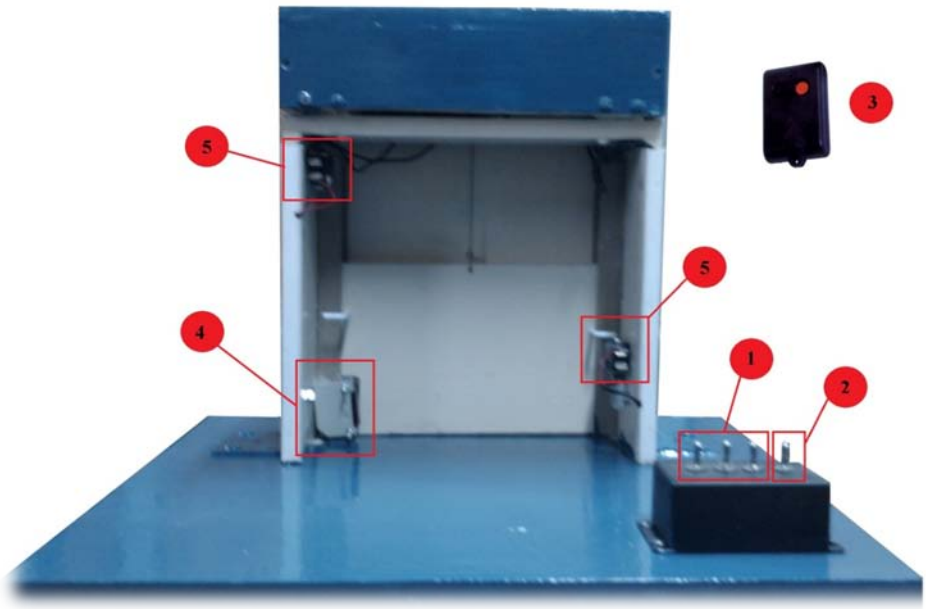


Figura D.3. Fotografía de la maqueta con actuadores principales indicados

1- Interruptores que simulan la ocupación de las plazas del aparcamiento
2- Interruptor de luz interior
3- Mando a distancia
4- Sensor óptico
5- Finales de carrera

Una vez se descargue el automatismo sencillo de prueba en el autómata, se puede comprobar el perfecto funcionamiento de la maqueta.

Utilice los interruptores de las plazas de aparcamiento para comprobar que el led rojo se enciende al activarlos todos (totalidad de plazas ocupadas). Asimismo puede comprobar el

funcionamiento de la luz interior del aparcamiento (led blanco) con el interruptor correspondiente.

Con el mando a distancia puede activar la marcha del motor y comprobar, a su vez, si los finales de carrera funcionan correctamente. En este momento se puede visualizar el led verde advirtiendo que la puerta está en movimiento. Además, pulsando de nuevo el mismo mando la puerta debe detenerse.

Finalmente para simular un obstáculo sitúe, como se muestra en la *Figura D.4*, la mano bajo la puerta cuando ésta desciende. Automáticamente, el sensor óptico tiene que detectarla y, el programa de prueba deberá detener el descenso de la misma. Se recomienda cautela en esta operación para no malograr la maqueta con un movimiento brusco de la mano.

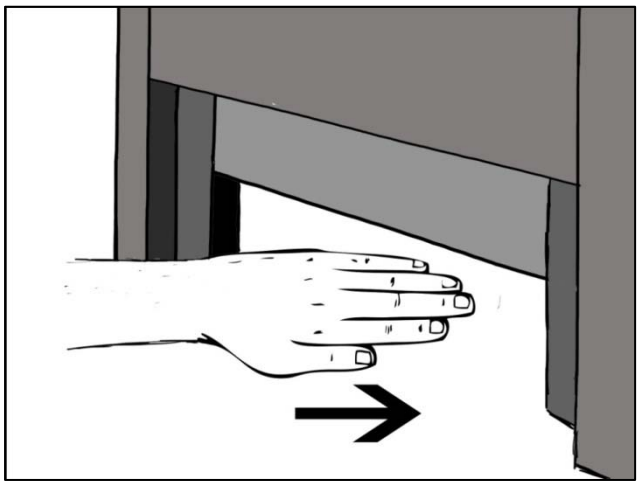


Figura D.4. Procedimiento de obstaculización del sensor óptico

D.4. Mantenimiento

Para realizar un correcto mantenimiento es conveniente seguir las siguientes indicaciones:

- La conservación de la maqueta durante su tiempo de inactividad debe realizarse con en un lugar resguardada del polvo, la humedad y productos inflamables.

- Antes de operar con ella tras largo tiempo de inactividad, es recomendable realizar una limpieza superficial de la estructura con una pequeña escobilla. De todos modos, es recomendable realizar revisiones periódicas y proceder a la limpieza si es necesario.

- Dado que sólo se tiene rápido acceso por parte del usuario al cubículo del motor, sólo podrá realizarse el mantenimiento de esta sección cuando se requiera. Sólo en caso de finalización de la vida útil o daño accidental de alguno de los elementos de la caja inferior que contiene toda la electrónica, se procederá a llevar la maqueta al asistente del taller de electricidad para ejecutar la reparación o recambio. En el caso de que se produzca algún deshecho, el asistente se ocupará del reciclaje del material.

- Es muy importante que cualquier tarea de mantenimiento se realice con la maqueta no conectada.

- Se recomienda conservar el mando a distancia junto a la maqueta, evitando dejarlo cerca de fuentes de calor. Si la maqueta no va a utilizarse durante semanas, será conveniente retirar la pila del mando para reducir su autodescarga.

D.5. Posibles fallos y soluciones

Durante la vida útil de la maqueta pueden darse diferentes fallos. Debido a que cada problema puede ser de distinta naturaleza, a continuación se describe el protocolo de actuación en los diferentes casos.

En el caso de que ninguna de las entradas/ salidas respondan o algunas sí lo hagan según lo esperado revise las conexiones (puede utilizar un voltímetro) y el estado de los componentes exteriores de la maqueta. Para ello, se recomienda empezar comprobando que el estado de los sensores se corresponda con el de los leds del frontal del autómata. Además, puede verificar que el programa descargado está en *Run* y que funciona correctamente con las entradas y salidas digitales del autómata sin conectar la maqueta. Si no encuentra el error tras realizar estas comprobaciones solicite la revisión del profesor, o en su defecto, del técnico del taller de electricidad, puede que alguno de los componentes de la caja inferior se haya estropeado.

En el caso de que note olor a quemado o perciba calentamientos desconecte inmediatamente la maqueta de la alimentación y del autómata y solicite la revisión del profesor, o en su defecto, del técnico del taller de electricidad, ya que es muy posible que algún componente o conexión se encuentre en mal estado.

En el caso de caída accidental de la maqueta, solicite la revisión del profesor, o en su defecto, del técnico del taller de electricidad antes de proceder a su uso, ya que algún componente dentro de la caja de la electrónica puede haber resultado dañado.

En el caso de que se produzca accidentalmente un cortocircuito o sobrecorriente durante el funcionamiento de la maqueta, desconéctela del autómata. Antes de volver a conectarla compruebe con un voltímetro si las entradas y salidas funcionan, en caso contrario solicite la revisión del profesor, o en su defecto, del técnico del taller de electricidad.

E. IMPACTO AMBIENTAL

El ciclo de vida del proyecto pasa por las fases de diseño, construcción, funcionamiento, parada técnica y retirada. Es aconsejable realizar un análisis preliminar de impacto ambiental en la fase de diseño y, así, determinar qué posibles efectos puede tener el proyecto en el ambiente en cada una de sus fases posteriores. De este modo en cada fase se podrán tomar ciertas medidas, especificadas en este estudio, sobre una parte o el conjunto de la maqueta.

En la fase de diseño se han estudiado las posibles soluciones para el proyecto. En éste, la principal cuestión es el material del que está hecha cada parte de la maqueta. Según el tipo de material se necesita un tratamiento especial durante el resto de fases del ciclo de vida. De igual modo, debe conocerse la vida útil de los aparatos y módulos proveídos para conocer cuales necesitarán recambios a lo largo del tiempo y poder actuar convenientemente. Así pues, en esta primera fase se deciden todas las características del proyecto y, por tanto, el impacto ambiental en cada fase.

Como es lógico, dentro del impacto ambiental se incluye la energía eléctrica consumida. La generación de esta energía para su posterior utilización produce emisiones de CO_2 que contaminan la atmosfera. Una estimación aproximada del consumo de esta energía en cada una de las fases sería la indicada en la tabla de la siguiente página. En ésta, las fases de funcionamiento, parada técnica y retirada se han desestimado en el estudio debido a su naturaleza aleatoria, desconociendo el consumo que se podrá tener llegado el momento. Además, se ha estimado que la potencia consumida por la maqueta es aproximadamente la nominal de los dos transformadores, es decir, $15\ V \cdot 0{,}3\ A + 2{,}5\ V \cdot 1\ A = 7\ W$.

	Aplicación	Horas de consumo	kW consumidos	kWh
Fase de diseño	Redacción y elaboración de planos mediante ordenador	20 horas	0,25 kW	5 kWh
	Luz incandescente		0,1 kW	2 kWh
Fase de construcción	Fluorescentes del taller (4 unidades)	30 horas	0,16 kW	4,8 kWh
	Pruebas con fuente de alimentación	0,5 horas	0,12 kW	0,06 kWh
	Maqueta	0,5 horas	0,007 kW	0,0035 kWh
	Soldador	1 hora	0,01 kW	0,01 kWh
	Taladradora	0,5 horas	1 kW	0,5 kWh
			TOTAL	***12,4 kWh***

Tabla E.1. Energía consumida durante las fases de construcción y diseño

De la tabla se puede extraer que, si durante las fases de diseño y construcción, en total se consumen aproximadamente 12,4 kWh y las emisiones de CO_2 que les corresponden son aproximadamente de 5 kg (considerando 0,4 kgCO_2/kWh).

En la fase de diseño, una elección a favor de minimizar el impacto ambiental del proyecto es la utilización de leds para las señales luminosas. Estos no emplean sustancias tóxicas como el plomo, el mercurio o el cadmio y son totalmente reciclables. Su duración, por otro lado, provoca que se genere menos desecho y su luz fría disminuye el calor emitido.

En la fase de construcción se confecciona la maqueta en el taller para su posterior instalación y, por tanto, se trata el material. En este caso, las piezas a mecanizar son de madera y metal. La plataforma y la estructura de madera se cortan, se agujerean y se liman. Por otro lado, por ejemplo, las escuadras que unen la estructura de la puerta a la plataforma son de acero. Una vez realizadas estas operaciones hay que limpiar el taller y deshacerse del material sobrante, para ello hay que separar madera y acero. Si el material sobrante es suficiente para poder ser reutilizado en un proyecto futuro se dispondrá en el departamento del taller donde se guarda el material reutilizable. Si es desechable o no se cree que se vaya a utilizar en un proyecto futuro en el taller, se procede a su depósito para reciclaje.

En el exterior, próximos al taller, se encuentran una serie de contenedores para desechos orgánicos, papel y madera, plásticos, cristal y, finalmente, metales. En la inmensa mayoría de los casos la madera se acaba reciclando dentro del taller mismo pero, de cualquier forma, si se generan desperdicios de esta naturaleza se depositan en el contenedor exterior. Por otro lado, el residuo de naturaleza metálica, si no se reutiliza dentro del taller, se deposita siempre en un contenedor exterior dónde es recogido puntualmente por chatarreros.

Por otro lado, la siguiente fase, que es la de funcionamiento, se produce cuando se conecte la maqueta al autómata durante el transcurso de las prácticas de las asignaturas en el taller de electricidad. El resto del tiempo ésta permanece guardada para su posterior uso. En esta fase únicamente se produce el impacto vinculado al consumo de energía eléctrica.

En el caso que, durante su funcionamiento, se deteriore o estropee alguno de los dispositivos o parte de la maqueta habrá que cambiarlo por otro o arreglarlo. En cualquier caso, se habrá entrado en la fase de parada técnica. En esta fase, en el caso de que haya un fallo o error en el sistema, hay que detenerlo si es necesario, según la gravedad, y proceder a solucionar la incidencia. La incidencia puede ser totalmente fortuita como, por ejemplo, que se caiga la maqueta al suelo y se estropee la madera pero también puede ocurrir por finalización de la vida útil de los componentes. En este caso, se producirán seguramente desechos, de modo que habrá que retirarlos convenientemente según los contenedores anteriormente mencionados.

En el caso de este proyecto, el funcionamiento de la maqueta será intermitente y de corta duración, ya que sólo se utilizará para probar los programas de los alumnos durante alguna

clase práctica de la asignatura. Es por ello que es difícil que se alcance este punto pero, a largo plazo, es indiscutible la llegada de su retirada. Es evidente que los componentes que forman la maqueta, debido a su vida útil, tendrán que irse cambiando conforme se vayan estropeando. Sin embargo, el ciclo de vida tendrá que estar en funcionamiento hasta que se retire la maqueta en última instancia, y para llegar a ese momento pueden pasar años. Es para estos dos casos, fase de parada técnica y fase de retirada, para los que hay que considerar la vida útil de la maqueta y la de los sistemas que le pueden afectar directa o indirectamente con el propósito de prever posibles cambios que pueden llegar a afectar a la misma y así establecer un plan de prevención o, en última instancia, de medidas posteriores.

La vida útil de la maqueta, aproximadamente, se estima que sea de entre unos 20 o 25 años de duración. Llegado este punto, probablemente el sistema entero habrá que cambiarlo.

F. PRESUPUESTO

En el presente apartado se realiza un análisis económico global del proyecto. El mantenimiento y la retirada de la maqueta se han eliminado del análisis por tratarse de fases con duración y eventualidad inciertas. Inicialmente, se muestra un estudio desglosado de cada fase dentro del ciclo de vida y, posteriormente, se muestra el presupuesto generalizado, dónde se muestran los costes totales de cada fase sin entrar en detalles.

En una fase preliminar, el estudio y el análisis de la situación que se nos presenta cómo problema a resolver requiere un tiempo de maduración para tomar decisiones y establecer la solución final de la maqueta. Para traducir este estudio a unidades monetarias se contabiliza por horas requeridas en 15 €/h de acuerdo con un sueldo medio comprendido dentro de las bases de cotización mínima y máxima para un ingeniero.

Estudio y análisis de la situación	Coste
Análisis y posibilidades del programa objetivo	4h · 15 €/h = 60 €
Estudio de soluciones antecedentes (maquetas antiguas)	2h · 15 €/h = 30 €
Lectura y búsqueda de información, manuales, etc.	6h · 15 €/h = 90 €
Estudio de posibles soluciones	4h · 15 €/h = 60 €
Propuesta de solución	2h · 15 €/h = 30 €
COSTE TOTAL	270 €

Tabla F.1. Coste en la fase de estudio y análisis de la situación

Una vez se tiene la solución, hay que traducirla en algo real. En la fase de diseño se determinan todos los puntos clave para construir la maqueta posteriormente. Cómo en la etapa anterior, el coste se contabiliza por horas requeridas.

Diseño de la maqueta	Coste
Establecimiento de elementos básicos	0,5 h · 15 €/h = 7,5 €
Estudio y elección de materiales y herramientas	1 h · 15 €/h = 15 €
Medidas y planos	12 h · 15 €/h = 180 €
Compra o reutilización del material	4 h · 15 €/h = 60 €
TOTAL	262,5 €

Tabla F.2. Coste en la fase de diseño de la maqueta

Una vez se ha establecido la solución con todas sus características, se adquiere el material necesario para proceder a su materialización física. Esta materia prima se obtiene de diferentes fuentes. En la siguiente tabla se detalla la materia prima que ha supuesto algún coste, sin reciclar del taller. El coste viene fijado por el proveedor.

Coste materia prima	Coste
1 tabla DM 1220 x 450 x 20 mm	12,91 € (23,52 €/m^2)
1 tabla DM 1220 x 350 x 10 mm	5,72 € (13,39 €/m^2)
20 Tornillos d=4mm l=16mm	2,55 €
2 Escuadras	0,80 €
2 alcayatas	0,6 €
1 caja plástico ABS	19,05 €
1 caja negra plástico interruptor	1,15 €
1 caja negra plástico interruptor pequeña	0,65 €
20 Tirafondos l = 50 mm d = 4 mm	2,85 €
100 arandelas d=4mm	3,00 €
2 Detectores final de carrera CT860B	2,64 €
0,5m Cable de 12 hilos	1,06 €
1 abrazadera	2 €
1 pack bridas	1 €
1 canaleta	6 €
1 regleta de conexión electrónica	0,7 €
1 bobina cable d=0,25mm (10 m)	2,08 €

Coste materia prima	Coste
1 bobina de estaño	16,78 €
1 diodo 1N4007	0,02 €
1 portafusibles y 5 fusibles de 250 mA	2,43 €
1 emisor TL-5	17,75 €
1 fuente FE-2	13,95 €
2 relés electromecánicos	12 €
1 receptor TL-1 con transformador	34,95 €
1 transformador 230 V - 6,3/2,5 V	6,5 €
1 cuerda d = 0,8 mm	2,5 €
1 motor multi-reductor	8,18 €
1 polea	6,30 €
5uds leds rojos WO1003R	0,92 €
5uds leds verdes WO1003V	1,02 €
5uds leds blancos LR300NW0	2,14 €
3uds interruptores IT0114	3,27 €
1ud interruptor IT0010	1,23 €
1 bote disolvente	2,48 €
1 bote pintura azul	7,44 €
1 bote barniz	4,43 €
5 hojas de papel de lija	2,08 €
TOTAL	211,13 €

Tabla F.3. Coste de la materia prima

Con los materiales disponibles se procede a construir la maqueta. El coste de este proceso se determina por horas requeridas.

Proceso de construcción	Coste
Construcción estructura de madera	8 h · 15 €/h = 120 €
Conexionado dispositivos	20 h · 15 €/h = 300 €
Pruebas y correcciones	8 h · 15 €/h = 120 €
TOTAL	540 €

Tabla F.4. Coste del proceso de construcción

Por último hay que añadir la redacción de las prácticas para las asignaturas del centro, el manual de uso de la maqueta, la memoria y los planos contabilizando las horas empleadas en la tarea.

Redacción	Coste
Diseño y redacción de las prácticas	**12 horas · 15 €/h = 180 €**
Manual de uso	**2 horas · 15 €/h = 30 €**
Memoria	**20 horas · 15 €/h = 300 €**
Planos	**10 horas · 15 €/h = 150 €**
TOTAL	**660 €**

Tabla F.5. Coste vinculado a la redacción

En la siguiente tabla, se resumen todos los costes detallados anteriormente para poder establecer un coste total de proyecto:

Actividades y materiales	Coste
Estudio y análisis de la situación	**270 €**
Diseño de la maqueta	**262,5 €**
Coste materia prima	**211,13 €**
Proceso de construcción	**540 €**
Redacción	**660 €**
TOTAL	**1943,63 €**

Tabla F.6. Coste total del proyecto

G. ESQUEMAS ELÉCTRICOS

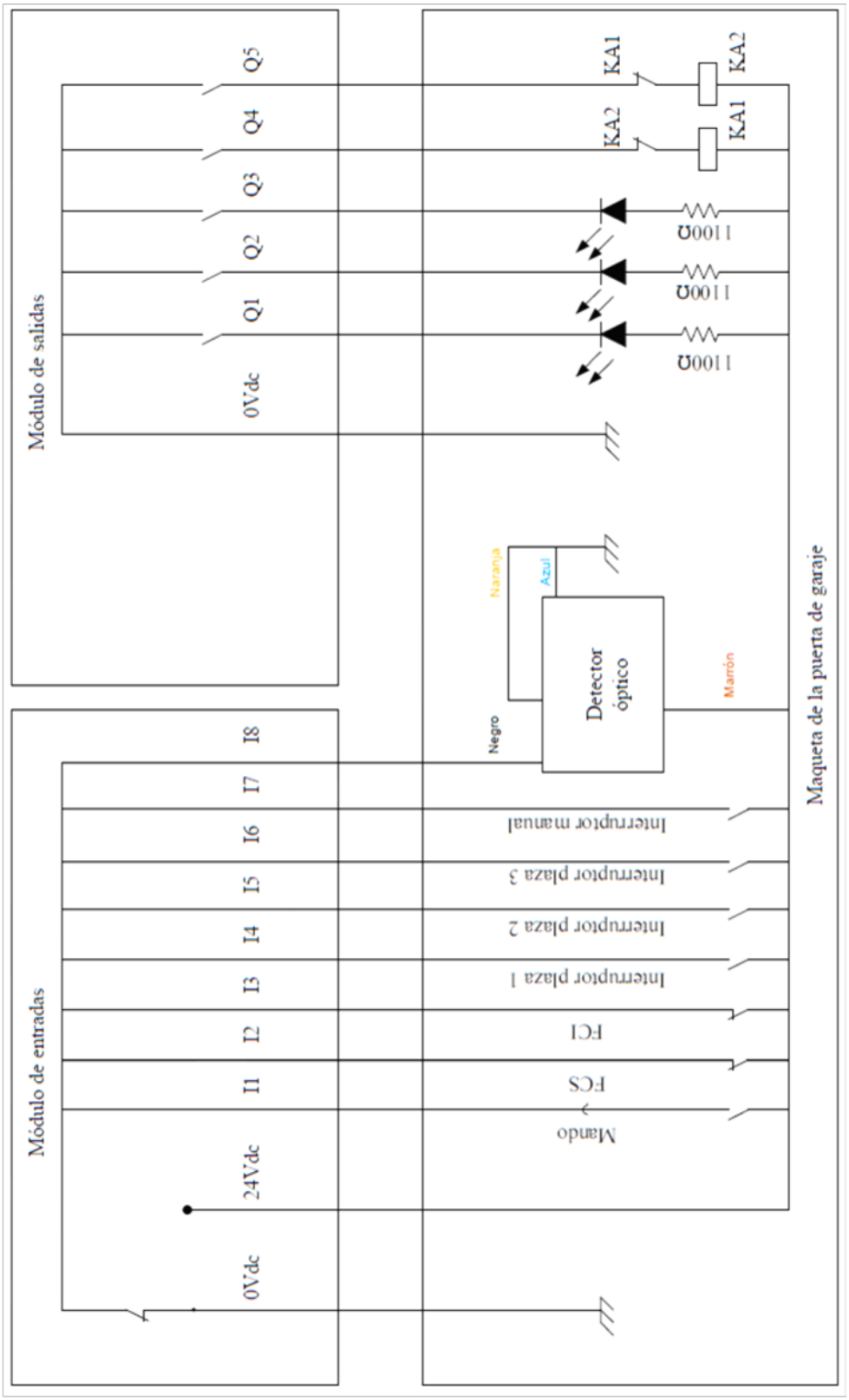


Figura H.1. Esquema electrónico de las conexiones de la maqueta

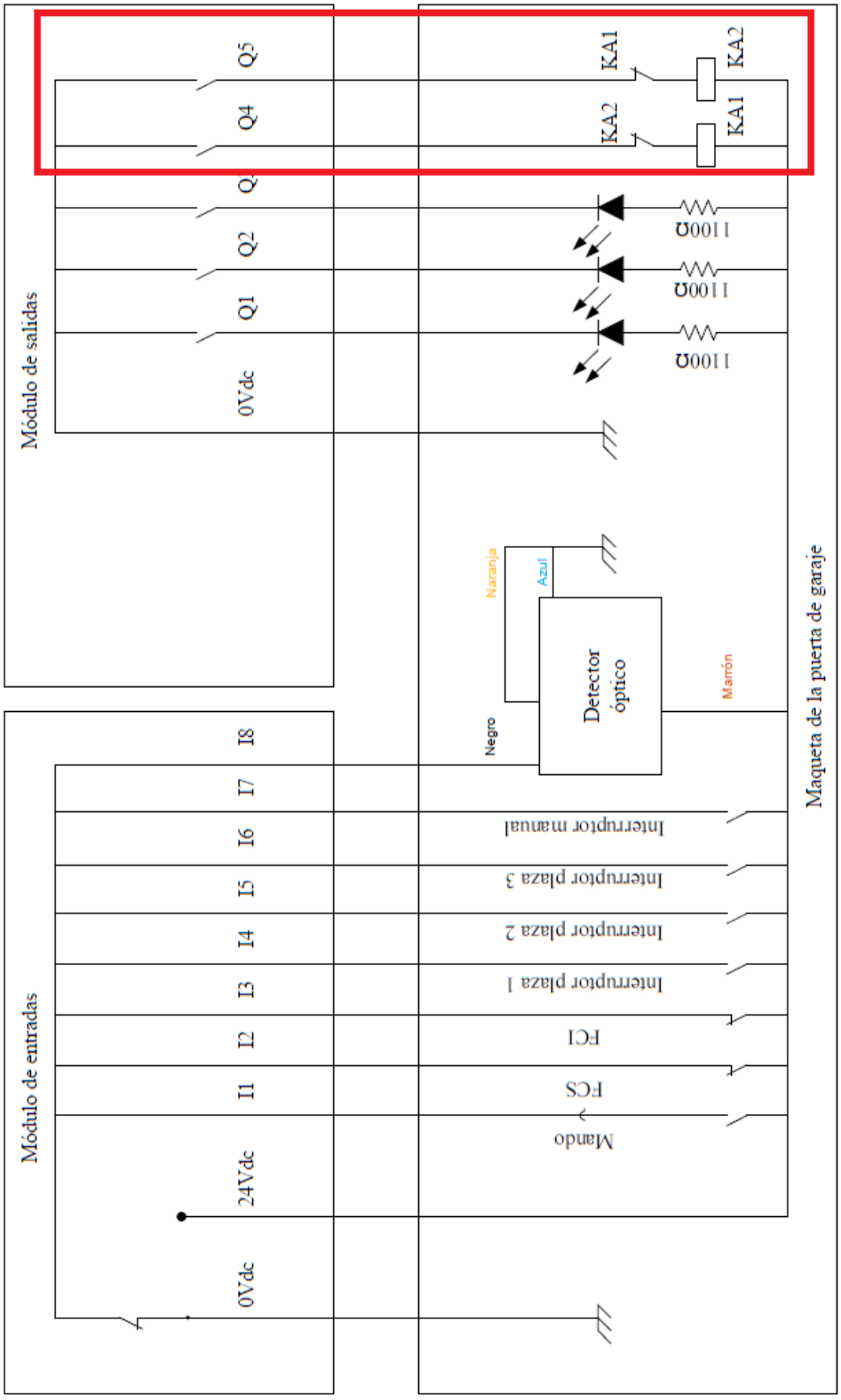


Figura H.2. Conexión de las bobinas de relé a las salidas Q3 y Q4